

SKRIPSI

STUDI PENELITIAN “PERKIRAAN FAKTOR UMUR BETON PADA PEMAKAIAN SEMEN HOLCIM UNTUK MUTU BETON f'_c 20 MPa DAN f'_c 35 MPa”



Disusun Oleh :

EKO CAHYONO (10.21.041)

**JURUSAN TEKNIK SIPIL S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
MALANG
2016**

ABSTRAK

PERKIRAAN FAKTOR UMUR BETON PADA PEMAKAIAN SEMEN HOLCIM UNTUK MUTU $f'c$ 20 MPa DAN $f'c$ 35 MPa

Eko Cahyono (1021041), Dosen Pembimbing : Ir. Togi H. Nainggolan, MS
dan Ir. A. Agus Santosa, MT

Untuk perhitungan prediksi kekuatan tekan beton umur 28 hari, selama ini digunakan faktor konversi (faktor umur) standar dari semen Tipe 1 (OPC). Tetapi seringkali pengujian pada umur 3, 7, 14 hasilnya tidak sesuai dengan pengujian 28 hari sesungguhnya. Untuk menghindari ketidaksesuaian tersebut di atas, maka dilakukan penelitian tentang nilai faktor umur beton dengan menggunakan semen yang ada di pasaran saat ini (PCC), dalam hal ini dikhususkan pada penggunaan Semen Holcim jenis PCC yang beredar di pasaran.

Berdasarkan paparan tersebut maka dapat dirumuskan permasalahannya adalah : (1) Apakah terdapat perbedaan secara nyata nilai faktor umur antara semen Holcim jenis PCC dengan faktor umur semen Tipe 1 (OPC) pada beton mutu $f'c$ 20 MPa dan $f'c$ 35 MPa? (2) Apakah terdapat perbedaan secara nyata nilai faktor umur antara semen Holcim jenis PCC, semen Gresik jenis PPC, semen Bosowa jenis PCC dan semen Tiga Roda jenis PCC pada beton mutu $f'c$ 20 MPa dan $f'c$ 35 MPa?(dimana untuk semen merek lain dilakukan oleh rekan-rekan peneliti yang lain)

Metode penelitian yang digunakan adalah penelitian eksperimental yang dilakukan di laboratorium untuk mendapatkan data yang diperlukan, kemudian data tersebut dianalisis secara statistik, dipakai untuk menguji hipotesis, sehingga didapatkan suatu kesimpulan akhir.

Dari hasil penelitian yang dilakukan, didapatkan : (1) Tidak ada perbedaan secara nyata antara faktor umur yang dihasilkan dari penggunaan semen Holcim jenis PCC dengan faktor umur semen Tipe 1 (OPC). Hal ini dibuktikan melalui uji hipotesis yang menghasilkan nilai $F_{hitung} = 1,297 < F_{tabel} = 4,03$ pada beton mutu $f'c$ 20, dan pada beton mutu $f'c$ 35 menghasilkan nilai $F_{hitung} = 0,664 < F_{tabel} = 4,03$. Dalam hal ini H_0 diterima dan H_a ditolak. (2) Tidak ada perbedaan secara nyata antara faktor umur yang dihasilkan dari penggunaan semen Holcim jenis PCC dengan faktor umur yang dihasilkan dari penggunaan semen lain (Gresik jenis PPC, Bosowa PCC dan semen Tiga Roda jenis PCC). Hal ini dibuktikan melalui uji hipotesis yang menghasilkan nilai $F_{hitung} = 0,936 < F_{tabel} = 2,695$ pada beton mutu $f'c$ 20, dan pada beton mutu $f'c$ 35 menghasilkan nilai $F_{hitung} = 1,133 < F_{tabel} = 2,695$. Dalam hal ini H_0 diterima dan H_a ditolak.

Kata kunci : faktor umur, Semen Holcim PCC, Semen Tipe I (OPC)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pada pekerjaan konstruksi, seringkali dibutuhkan pengujian beton pada umur awal untuk memprediksi kekuatan tekan beton umur 28 hari. Hal ini dilakukan untuk segera mengetahui apakah beton yang telah dicetak memenuhi syarat mutu suatu bangunan. Jika tidak, maka segera dilakukan cara lain untuk mengantisipasi kekuatan tekan beton yang rendah tersebut, misalnya dengan cara redesain pada konstruksi agar dapat menjamin tingkat keamanan dari suatu konstruksi.

Untuk perhitungan prediksi kekuatan tekan beton umur 28 hari, selama ini digunakan faktor konversi (faktor umur) standar dari semen Tipe 1 (OPC). Tetapi seringkali pengujian pada umur 3, 7, 14 hasilnya tidak sesuai dengan pengujian 28 hari sesungguhnya. Hal ini dimungkinkan karena faktor umur yang digunakan (standar semen Tipe 1 OPC) tidak lagi sesuai dengan jenis semen yang digunakan pada saat ini. Dimana dulu dipakai semen Type I (OPC), dan kini hampir semua pekerjaan konstruksi menggunakan semen jenis PCC/PPC dikarenakan bisa menekan harga lebih murah.

Untuk menghindari ketidaksesuaian tersebut di atas, maka ada baiknya dilakukan pengkajian atau penelitian lebih lanjut tentang nilai faktor umur beton dengan menggunakan semen yang ada di pasaran saat ini (PCC), dalam hal ini dikhususkan pada penggunaan Semen Holcim jenis PCC yang beredar di pasaran.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut maka dapat dirumuskan permasalahannya adalah :

1. Apakah terdapat perbedaan secara nyata nilai faktor umur antara semen Holcim jenis PCC dengan faktor umur semen Tipe 1 (OPC) pada beton mutu f'_c 20 MPa dan f'_c 35 MPa?
2. Apakah terdapat perbedaan secara nyata nilai faktor umur antara semen Holcim jenis PCC, semen Gresik jenis PPC, semen Bosowa jenis PCC dan semen Tiga Roda jenis PCC pada beton mutu f'_c 20 MPa dan f'_c 35 MPa?(dimana untuk semen merek lain dilakukan oleh rekan-rekan peneliti yang lain)

1.3. Ruang Lingkup Bahasan

Ruang lingkup bahasan yang akan ditinjau antara lain :

1. Hanya mencari perbedaan nilai faktor umur antara semen Holcim jenis PCC dengan faktor umur semen Tipe 1 (OPC) pada beton mutu f'_c 20 Mpa dan f'_c 35 MPa.
2. Hanya mencari perbedaan faktor umur yang dihasilkan dari penggunaan semen Holcim jenis PCC, semen Gresik jenis PPC, semen Bosowa jenis PCC dan semen Tiga Roda jenis PCC pada beton mutu f'_c 20 Mpa dan f'_c 35 MPa?

1.4. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui perbedaan faktor umur semen Holcim jenis PCC dengan faktor umur semen Tipe 1 (OPC) pada beton mutu f'_c 20 Mpa dan f'_c 35 MPa.
2. Untuk mengetahui perbandingan faktor umur beton pada pemakaian semen Holcim jenis PCC, semen Gresik jenis PPC, semen Bosowa jenis PCC dan semen Tiga Roda jenis PCC pada beton mutu f'_c 20 MPa dan f'_c 35 MPa.

1.5. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk Peneliti

Sebagai salah satu kesempatan untuk menerapkan pengetahuan di bidang teknologi, khususnya pada teknologi bahan konstruksi, sehingga dapat memperluas wawasan.

2. Untuk praktisi dan instansi terkait

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan masukan dan dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan dalam campuran beton.

1.6. Hipotesis Penelitian

Hipotesis penelitian merupakan jawaban sementara terhadap pertanyaan yang diajukan dalam perumusan masalah. Jawaban sementara ini masih kurang lengkap, sehingga memerlukan pengujian berdasarkan fakta yang dikumpulkan.

1.6.1. Hipotesis Penelitian Perbedaan Semen Holcim Jenis PCC dengan Semen Tipe 1 (OPC)

Ada dua bentuk hipotesa penelitian yaitu:

1. Hipotesis nol (H_0) artinya menyatakan tidak ada perbedaan nilai faktor umur dari penggunaan semen Holcim jenis PCC dengan faktor umur yang ada dalam semen Tipe 1 (OPC).
2. Hipotesis alternatif (H_a) artinya menyatakan adanya perbedaan nilai faktor umur dari penggunaan semen Holcim jenis PCC dengan faktor umur yang ada dalam semen Tipe 1 (OPC).

Dalam penelitian ini digunakan hipotesis alternatif yaitu:

“Terdapat perbedaan nilai faktor umur secara nyata antara beton menggunakan semen Holcim jenis PCC dengan faktor umur yang ada dalam semen Tipe 1 (OPC)”.

Hipotesis statistiknya dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2$$

$$H_a : \mu_1 \neq \mu_2$$

Dimana:

μ = Nilai rata-rata variabel tak bebas dalam suatu kelompok perlakuan

μ_1 = faktor umur beton menggunakan semen Holcim jenis PCC

μ_2 = faktor umur yang ada dalam semen Tipe 1 (OPC)

1.6.2. Hipotesis Penelitian Perbedaan Semen Holcim jenis PCC dengan semen Gresik jenis PPC, semen Bosowa jenis PCC dan semen Tiga Roda jenis PCC

Dalam penelitian ini digunakan hipotesis alternatif yaitu

“Terdapat perbedaan nilai faktor umur secara nyata antara Semen Holcim jenis PCC dengan semen Gresik jenis PPC, semen Bosowa jenis PCC dan semen Tiga Roda jenis PCC”.

Hipotesis statistiknya dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$$

$$H_a : \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4$$

Dimana:

μ = Nilai rata-rata variabel tak bebas dalam suatu kelompok perlakuan

μ_1 = Faktor umur beton menggunakan semen Holcim jenis PCC

μ_2 = Faktor umur beton menggunakan semen Gresik jenis PPC

μ_3 = Faktor umur beton menggunakan semen Bosowa jenis PCC

μ_4 = Faktor umur beton menggunakan semen Tiga Roda jenis PCC

Dengan menggunakan 4 benda uji pada masing-masing umur beton (20 benda uji keseluruhan umur) yang merupakan suatu ketetapan.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Penelitian Terdahulu

Sebelum adanya penelitian ini telah dilakukan penelitian tentang faktor umur beton, antara lain :

1. Pengaruh Umur Beton Terhadap Nilai Kuat Tekan Beton dengan Menggunakan Limbah Karbit 5% Dan Fly Ash 5% Sebagai Bahan Pengganti Sebagian Semen, oleh Kartini Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta (2009)

Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan nilai kuat tekan beton campuran limbah karbit 5% dan fly ash 5% dengan beton normal pada umur 3 hari, 7 hari, 14 hari, 21 hari, dan 28 hari, kemudian mendapatkan persentase kuat tekan beton dan mengetahui perbandingan rasio kuat tekan beton pada umur 3 hari hingga berumur 28 hari.

Pada penelitian ini digunakan SNI :03-2847-2002 dalam perencanaan campuran beton (mix design). Dengan metode yang sama, jumlah semen digantikan campuran limbah karbit 5% dan fly ash 5%. Digunakan umur sebagai perbandingan kuat tekan beton normal dengan beton campuran limbah karbit 5% dan fly ash 5%.. Benda uji yang digunakan berupa silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm, masing-masing 3 buah sampel pada umur 3 hari, 7 hari, 14 hari, 21 hari, dan 28 hari.

Hasil penelitian menunjukkan kuat tekan beton semakin naik dengan bertambahnya umur beton. Kuat tekan rata-rata beton normal dan beton campuran

limbah karbit 5% + fly ash 5% pada umur 3 hari, 7 hari, 14 hari, 21 hari, dan 28 hari berturut-turut sebesar 25,55 Mpa; 32,70 Mpa; 36,51 Mpa; 38,48 Mpa; 42,55 Mpa; dan 25,30 Mpa; 31,74 Mpa; 35,01Mpa; 37,46 Mpa; 38,75 Mpa. Persentase kuat tekan beton normal dan beton campuran limbah karbit 5% + fly ash 5% pada umur 3 hari, 7 hari, 14 hari, 21 hari, dan 28 hari berturut-turut sebesar 60%; 77%; 86%; 90%; 100% dan 65%; 82%; 90%; 100%. Rasio kuat tekan beton campuran limbah karbit dan fly ash cenderung lebih lambat dibandingkan dengan beton normal.

2. *Kuat Tekan Beton Dan Waktu Ikat Semen Portland Pozzolan, oleh R.Arianto*
Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Riau (2013)

Berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan yang dilakukan terhadap beton semen Tipe 1 dan Semen PPC, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- Berdasarkan hasil penelitian ini pengujian waktu ikat dengan menggunakan alat vicat terhadap semen Tipe 1 dan PPC didapat perbedaan waktu ikat awal semen Tipe 1 lebih cepat dari semen PPC sebesar 28,5 menit. Perbedaan waktu ikat akhir ternyata semen tipe 1 lebih cepat dari semen PPC yaitu sebesar 30 menit. Berarti semen tipe 1 lebih cepat mengikat campuran dengan baik dibandingkan semen PPC.
- Menurut penelitian ini hasil uji kuat tekan beton pada semen tipe 1 terbesar pada umur 90 hari yaitu 38,16 MPa dan semen PPC 90 hari yaitu 30,35 MPa.

Dengan hal ini ternyata kuat tekan beton tertinggi terjadi pada semen tipe 1 dengan umur yang sama.

- Menurut penelitian ini hasil uji kuat tekan mortar pada semen tipe 1 terbesar pada umur 90 hari yaitu 38,16 MPa dan semen PPC 90 hari yaitu 30,35 MPa. Dengan hal ini ternyata kuat tekan mortar tertinggi terjadi pada semen tipe 1 dengan umur yang sama.
- Menurut penelitian ini perbedaan faktor umur yang diperoleh antara semen Tipe 1 dengan semen PPC pada umur 90 hari sebesar 0,071, berarti perbedaan antara semen tipe 1 dan PPC tidak signifikan.

3. Pujo Aji. DKK, ITS Surabaya

- Pembentukan kekuatan beton normal yang dirawat dengan perawatan uap menghasilkan perkembangan yang berbeda dengan beton normal dengan perawatan biasa. Kuat tekan beton umur 28 hari dengan *steam curing* lebih kecil dibandingkan dengan kuat tekan umur 28 hari dari beton yang di-*curing* normal.
- Nilai b yang diperoleh dari hasil pendataan kuat tekan dan suhu beton selama 28 hari untuk beton normal dengan $f'_c = 31$ MPa dalam penelitian ini adalah sebesar 9,28 MPa.
- Umur muda yang paling baik digunakan sebagai umur rencana prediksi dari analisa statistik adalah umur 72 jam.

4. *Studi Korelasi Faktor Air Semen (Water Cement Ratio) Dengan Kuat Tekan Beton Struktural, oleh Wesli,Said Jalalul Akbar, Burhanuddin, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Malikussaleh (2011)*

Dari hasil penelitian dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- Jumlah air yang diperlukan dalam tiap 1 m³ mortal beton, untuk tinggi slump tertentu yang direkomendasikan American Concrete Institute (ACI) cukup baik untuk dipakai di Indonesia.
- Besarnya kadar pori ditentukan oleh jenis Portland Cement (PC) yang digunakan, makin tinggi kadar pori maka makin rendah mutu beton.
- Berat volume mortal tentative yang direkomendasikan oleh ACI cukup baik untuk dipakai di Indonesia demikian pula berat volume beton setelah mengeras.
- Kuat tekan beton ditentukan oleh Faktor Air Semen (Water Cement Ratio) W/C Ratio dimana makin kecil W/C Ratio maka makin besar kuat tekan betonnya. Kuat tekan beton yang didesign berdasarkan ACI hanya menghasilkan 73% kuat tekan ACI.
- Hubungan kuat tekan dengan umur beton yang ditentukan oleh Peraturan Beton Indonesia (PBI 1971) cukup baik untuk dipakai memperkirakan kuat tekan beton pada umur 28 hari.

5. *Prediksi Kuat Tekan Beton Berbahan Campuran Fly Ash dengan Perawatan Uap Menggunakan Metode Kematangan, oleh Candra Irawan, Jurusan Teknik Sipil FTSP ITS, (2012)*

Penambahan dan penggunaan steam curing membuat produksi beton lebih ekonomis, baik dari segi waktu maupun biaya. Selain ekonomis, kualitas beton juga harus dikontrol, salah satunya adalah kuat tekan. Di Indonesia prediksi kuat tekan beton diatur PBI 1971. Peraturan ini hanya dapat digunakan untuk prediksi kekuatan beton normal, sehingga tidaklah akurat jika peraturan ini kita gunakan untuk memprediksi kuat tekan beton berbahan campuran fly ash yang dirawat dengan steam curing. Sebagai solusinya Day (2006) mengusulkan prediksi menggunakan metode kematangan (maturity method).

Penelitian ini mencoba memprediksi kuat tekan beton umur 7, 14 dan 28 hari berdasarkan data kuat tekan dan faktor waktu-suhu umur umur dasar 1 dan 2 hari. Benda uji beton yang digunakan berbentuk silinder 15 x 30 cm, berbahan campuran fly ash tipe F dan dirawat dengan perawatan uap (steam curing).

Dari hasil penelitian ini diketahui nilai erro antara kuat tekan prediksi dengan kuat tekan aktual kurang dari 5% untuk umur 7 dan 28 hari untuk semua benda uji, sedangkan untuk umur 14 hari untuk benda uji 2 memberikan error di atas 5%, namun kurang dari 10%. Secara ilmu statistik dapat dikatakan kuat tekan prediksi sama dengan kuat tekan aktualnya. Hal ini dibuktikan dengan nilai t hitung berada di daerah penerimaan.

2.2. Pengertian Beton

Dalam konstruksi, beton adalah sebuah bahan bangunan komposit yang terbuat dari kombinasi agregat dan pengikat semen, bentuk paling umum dari

beton adalah beton semen portland, yang terdiri dari agregat mineral yang terdiri dari batu koral, pasir, semen dan air.

Biasanya dipercayai bahwa beton mengering setelah pencampuran dan pencetakan. Sebenarnya, beton tidak menjadi padat karena air menguap, tetapi semen berhidrasi, mengelem komponen lainnya bersama dan akhirnya membentuk material seperti-batu. Beton digunakan untuk membuat perkerasan jalan, struktur bangunan, pondasi, jalan, jembatan penyeberangan, struktur parkir, dasar untuk pagar / gerbang, dan semen dalam bata atau tembok blok.

Untuk mendapatkan beton optimum pada penggunaan yang khas, perlu dipilih bahan yang sesuai dan dicampur secara tepat.

Secara umum pemilihan proporsi campuran beton yang memenuhi prasyarat adalah :

1. Proporsi material untuk campuran harus ditentukan dengan menghasilkan sifat-sifat :
 - a. Ketahanan terhadap pengaruh lingkungan.
 - b. Sesuai dengan prasyarat uji kekuatan.
2. Untuk setiap campuran beton yang berbeda, baik dari aspek material digunakan ataupun proporsi campurannya, harus dilakukan pengujian
3. Proporsi beton, termasuk rasio air semen dapat ditetapkan (SNI 03-2847-2002, hal 22).

2.2.1 Semen

Semen merupakan bahan pengikat hidrolis berupa bubuk halus yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker (bahan ini terutama terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis), dengan batu gips sebagai bahan tambahan.

Jenis-jenis semen portland dapat diperoleh dengan mengadakan variasi-variasi dalam proporsi relatif dari komponen-komponen senyawa kimia serta derajat kehalusan penggilingan bahan klinkernya. Sesuai dengan pemakaiannya semen portland dibedakan menjadi lima type (jenis), yakni:

Jenis I

Semen portland jenis umum (*normal portland cement*), yaitu jenis semen portland untuk penggunaan dalam konstruksi beton secara umum tidak memerlukan sifat-sifat khusus. Misalnya untuk pembuatan trotoar, urung-urung, pasangan bata, dan sebagainya.

Jenis II

Semen jenis umum dengan perubahan-perubahan (*modified portland cement*). Semen ini memiliki panas hidrasi lebih rendah dan keluarnya panas lebih lambat daripada semen jenis I. Jenis ini digunakan untuk bangunan tebal seperti pilar dengan ukuran besar, tumpuan dan dinding tanah tanah tebal, dan sebagainya retak-retak pengerasan. Jenis ini juga dapat digunakan untuk bangunan-bangunan drainase di tempat yang memiliki sulfat agak tinggi.

Jenis III

Semen portland dengan kekuatan awal tinggi (*high-early-strength-portland-cement*). Jenis ini memperoleh kekuatan besar dalam waktu singkat, sehingga dapat digunakan untuk perbaikan bangunan-bangunan beton yang perlu segera digunakan atau yang acuannya perlu segera dilepas.

Jenis IV

Semen portland dengan panas hidrasi yang rendah (*low-heat portland-cement*). Jenis ini merupakan jenis khusus untuk penggunaan yang memerlukan panas hidrasi serendah-rendahnya. Kekuatannya tumbuh lambat, Jenis ini digunakan untuk bangunan beton massa seperti bendungan-bendungan gravitasi besar.

Jenis V

Semen portland tahan sulfat (*sulfate-resisting portland cement*). Jenis ini merupakan jenis khusus yang maksudnya hanya untuk penggunaan pada bangunan-bangunan yang kena sulfat, seperti di tanah atau air yang tinggi kadar alkalinya. Pengerasan berjalan lebih lambat daripada semen portland biasa.

2.2.1.1 Portland Composite Cement (PCC)

Semen komposit Portland (PCC) merupakan semen produk terbaru yang dikeluarkan oleh PT. ITP Tbk. Semen PCC merupakan turunan oleh semen OPC (Ordinary Portland Cement) yang bahan baku pembuatannya sama dengan bahan baku OPC (Ordinary Portland Cement) tetapi pada Type semen PCC ditambahkan pula aditif selain Gypsum ada Zat Aditif lain yang ditambahkan yang tidak terdapat pada semen OPC yaitu : Lime stone, Fly Ash dan Trass. Ketiga Aditif tersebut mempunyai kontribusi yang sangat-sangat penting sehingga semen type

PCC (Portland Composite Cement) mempunyai kualitas yang dihasilkan lebih baik dari semen type OPC (Ordinary Portland Cement). Kuat tekan merupakan kemampuan semen untuk menahan beban yang diberikan. Besar kecilnya kuat tekan yang diberikan oleh semen merupakan parameter terhadap kualitas semen. Ada beberapa factor yang mempengaruhi terhadap kuat tekan semen yaitu kehalusan, residu, dan senyawa kimia didalam semen.

Sifat Trass :

Warna : putih kemerahan, kecoklatan, kehitaman, kelabu, kekuningan-kuningan, coklat tua, coklat muda, abu-abu. Dalam keadaan sendiri tidak mempunyai sifat mengeras, bila ditambah kapur dan air akan memiliki masa seperti semen dan tidak larut dalam air.

Hal ini disebabkan karena senyawa silica aktif dan senyawa alumina reaktif dengan reaksi :



Komposisi kimia :

SiO_2 (40,76-56,20%), Al_2O_3 (17,48-27,95%), Fe_2O_3 (7,35-13,15%), H_2O (3,35-10,70%), CaO (0,82-10,27%), MgO (1,96-8,05%)

Bahan pengikat hidrolis hasil penggilingan bersama-sama terak semen portland dan gips dengan satu atau lebih bahan anorganik, atau hasil pencampuran antara bubuk semen portland dengan bubuk bahan anorganik lain. Bahan anorganik tersebut antara lain terak tanur tinggi (blast furnace slag), pozolan,

senyawa silikat, batu kapur, dengan kadar total bahan anorganik 6% - 35 % dari massa semen portland komposit.

2.2.1.2 Portland Pozzoland Cement (PPC)

Suatu semen hidrolis yang terdiri dari campuran yang homogen antara semen portland dengan pozolan halus, yang di produksi dengan menggiling klinker semen portland dan pozolan bersama-sama, atau mencampur secara merata bubuk semen portland dengan bubuk pozolan, atau gabungan antara menggiling dan mencampur, dimana kadar pozolan 6 % sampai dengan 40 % massa semen portland pozolan.

Prosentasi Komposisi Semen Portland Dalam Persen %

C3S C2S C3A C4AF CaSO₄ CaO MgQ

2.2.1.3 Persamaan karakter dan kelebihan semen PCC dan PPC

Berdasarkan penjelasan diatas terdapat kesamaan antara PCC dan PPC yaitu terdapat bahan tambahan antara 6% - 40%. Maka dengan adanya bahan tambahan dalam semen tersebut dibandingkan semen OPC adalah :

1. Jika dengan jumlah semen yang sama akan didapat kuat tekan awal yang lebih tinggi pada semen OPC.
2. Kuat awal semen PCC dan PPC tergantung dari produsen menggunakan berapa besar bahan tambahan dalam semen.
3. Memiliki perkembangan kuat tekan akhir baik karena pengaruh dari SiO₂ yang mempengaruhi kuat tekan akhir beton biasanya semakin tinggi bahan tambahan klinker kuat tekan akhir semen PCC dan PPC diatas umur 28hari.

4. Berdasarkan SNI 03-2915-2002 semen PPC dapat digunakan untuk beton didaerah sulfat
5. Memiliki panas hidrasi yang lebih rendah dibandingkan semen OPC

2.2.1.4 Kekurangan semen PCC dan PPC

1. Jika dengan jumlah semen yang sama dengan OPC maka kuat tekan awal dan kuat tekan umur 28hari dibawah dari semen OPC, kuat tekan mencapai optimum pada umur diatas 28 hari bisa 56 hari atau 90 hari tergantung dari jumlah bahan tambahan dalam semen.
2. Konsistensi beton besar dipengaruhi konsistensi bahan tambahan semen pada PCC dan OPC.
3. Untuk mengejar kuat tekan pada umur 28 hari maka biasanya penggunaan semen PCC dan PPC lebih banyak 20 - 50 kg/m³ dibandingkan semen OPC.

2.2.2 Agregat Halus (Pasir)

Agregat halus adalah pasir alam sebagai hasil “alami” batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecahan batu dan mempunyai ukuran butir terbesar 5.0 mm (SNI 03-2847-2002, hal : 14)

1. Agregat halus untuk beton dapat berupa pasir alam sebagai hasil disintegrasi alami dari batuan-batuan atau berupa pasir batuan yang dihasilkan oleh alat-alat pemecah batu. Sesuai syarat-syarat pengawasan mutu agregat berbagai mutu beton menurut pasal 4.2(1), maka agregat halus harus memenuhi satu beberapa atau semua ayat berikut ini.

2. Agregat halus harus terdiri dari butir-butir yang tajam dan keras. Butir-butir agregat halus harus bersifat kekal artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh-pengaruh cuaca, seperti terik matahari atau hujan.
3. Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% (ditentukan terhadap berat kering). Yang diartikan dengan lumpur adalah bagian-bagian yang melalui ayakan 0,063 mm. Apabila kadar lumpur 5% maka agregat halus dicuci.
4. Agregat halus tidak boleh mengandung bahan-bahan organis terlalu banyak yang harus dibuktikan dengan percobaan warna dari Abramharder (dengan larutan NaOH). Agregat halus yang tidak memenuhi percobaan warna ini dapat juga dipakai, asal kekuatan tekan agregat tersebut pada umur 7 dan 28 hari tidak kurang dari 95% dari kekuatan adukan agregat yang sama tetapi dicuci dalam larutan 3% NaOH yang kemudian dicuci dengan bersih dengan air, pada umur yang sama.
5. Agregat harus terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam besarnya dan apabila diayak dengan susunan ayakan yang ditentukan dalam pasal 3.5 ayat 1, harus memenuhi syarat-syarat berikut :
 - Sisa diatas ayakan 4 mm harus minimum 2% berat.
 - Sisa diatas ayakan 1 mm harus minimum 10% berat.
 - Sisa diatas ayakan 0,25 mm harus berkisar antara 80% dan 95 % berat
6. Pasir laut tidak boleh dipakai sebagai agregat halus untuk semua mutu beton, kecuali dengan petunjuk-petunjuk dari lembaga pemeriksaan bahan-bahan yang diakui.

2.2.3 Agregat Kasar (Kerikil dan batu Pecah)

Agregat kasar adalah kerikil sebagai hasil disintegrasi ‘alami’ dari batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir antara 5 mm sampai 40 mm (SNI O3-2847-2002, hal : 4)

1. Agregat kasar untuk beton dapat berupa kerikil sebagai hasil disintegasi alami dari batuan-batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari pecahan batu. Pada umumnya yang dimaksudkan dengan agregat kasar adalah agregat dengan besar butir lebih dari 5 mm. Sesuai dengan syarat-syarat pengawasan mutu agregat untuk berbagai mutu beton menurut pasal 4.2 ayat (1), maka agregat harus memenuhi satu, atau beberapa semua ayat berikut ini :
2. Agregat kasar harus terdiri dari butir-butir yang keras dan tidak berpori. Agregat kasar yang mengandung butir-butir pipih hanya dapat dipakai , apabila jumlah butir-butir pipih tersebut tidak melampaui 20% dari berat agregat seluruhnya. Butir-butir agregat kasar harus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh-pengaruh cuaca, seperti matahari dan hujan.
3. Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% (ditentukan terhadap berat kering). Yang diartikan dengan lumpur adalah bagian-bagian yang melalui ayakan 0, 063 mm. Apabila kadar lumpur 1% maka agregat halus dicuci.
4. Agregat kasar tidak boleh mangandung zat-zat yang dapat merusak beton seperti zat-zat yang reaktif alkali.

5. Kekasaran dari butir-butir agregat kasar diperiksa dengan bejana penguji dari Rudeloff dengan beban penguji 20 t, dengan mana harus dipenuhi syarat-syarat berikut :

- Tidak terjadi pembubukan sampai fraksi 9.5-19 mm lebih dari 24% berat.
- Tidak terjadi pembubukan sampai fraksi 19-30 mm lebih dari 22% atau dengan mesin pengaus Los Angelos, dengan tidak boleh terjadi kehilangan berat lebih dari 50%.

6. Agregat kasar terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam besarnya dan apabila diayak dengan susunan ayakan yang ditentukan dalam pasal 3.5 ayat 1, harus memenuhi syarat-syarat berikut :

- Sisa diatas ayakan 31, 5 mm harus minimum 2% berat.
- Sisa diatas ayakan 4 mm harus berkisar antara 90% dan 98% berat.
- Selisih antara sisa-sisa komulatif diatas dua ayakan yang berutan, adalah maksimum 60% dan minimum 10% berat.

7. Berat butiran agregat maksimum tidak boleh lebih dari pada seperlima jarak terkecil antara bidang-bidang sampai dari cetakan, sepertiga dari tebal plat atau tigaperempat dari jarak bersih minimum di antara batang-batang atau berkas-berkas tulangan. Penyimpangan dari pembatas ini diijinkan, apabila penilaian dari pengawas ahli, cara-cara pengecoran beton adalah sedemikian rupa hingga menjamin tidak terjadinya sarang-sarang kerikil. (Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971, hal : 23)

2.2.4 Air

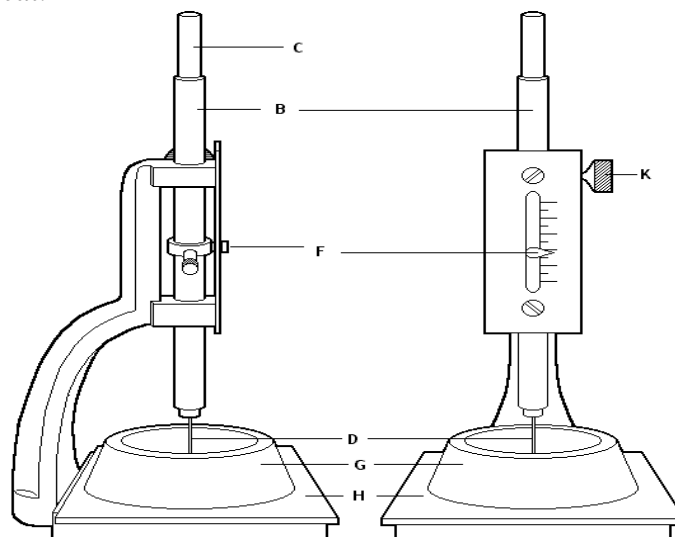
Air merupakan bahan yang penting pada beton yang menyebabkan terjadinya reaksi kimia dengan semen. Pada dasarnya air yang layak diminum, dapat dipakai untuk campuran beton. Akan tetapi dalam pelaksanaan banyak air tidak layak untuk diminum memuaskan dipakai untuk campuran beton. Apabila terjadi keraguan akan kualitas air untuk campuran beton sebaiknya dilakukan pengujian kualitas air diadakan trial mix untuk campuran dengan menggunakan air tersebut.

Persyaratan air sebagai bahan bangunan untuk campuran beton harus memenuhi syarat sebagai berikut:

1. Air yang digunakan untuk campuran beton harus bersih dan bebas dari bahan-bahan merusak yang mengandung oil, asam, alkali, bahan organik, atau bahan-bahan lain yang merugikan terhadap beton atau tulang.
2. Air pencampur yang digunakan pada beton prategang atau pada beton yang didalamnya tertanam logam aluminium, termasuk air bebas yang terkandung dalam agregat, tidak boleh mengandung ion klorida dalam jumlah yang membahayakan.
3. Tidak mengandung benda-benda tersuspensi lebih dari 2 gram/liter.
4. Air yang mutunya diragukan harus dianalisa secara kimia dan dievaluasi mutunya.

2.3 Waktu Ikat Semen

Setting time (waktu ikat) adalah waktu yang diperlukan semen untuk mengeras, terhitung dari di mulai bereaksi dengan air dan menjadi pasta semen hingga pasta semen cukup kaku untuk menahan tekan. Ada dua jenis waktu ikat semen, yaitu waktu ikat awal (initial setting time) yaitu waktu dari pencampuran semen dengan air menjadi pasta semen hingga hilangnya sifat keplastisan. Waktu ikat akhir (final setting time) yaitu waktu antara terbentuknya pasta semen hingga beton mengeras. Pengujian konsistensi normal dan waktu ikat semen ini dilakukan dengan alat Vicat.



Gambar 2.1 Alat ficat

2.4 Faktor Umur Beton

Dalam faktor umur semen Tipe 1 (OPC) terdapat salah satu cara mengontrol kualitas beton sedini mungkin. Faktor umur semen Tipe 1 (OPC) menggunakan koefisien faktor pengali kekuatan untuk mendapatkan dasar kuat tekan umur 28 hari. Selain itu terdapat ketentuan apabila tidak ditentukan dengan

percobaan maka untuk keperluan perhitungan-perhitungan kekuatan dan/atau pemeriksaan mutu beton, perbandingan kekuatan beton pada berbagai umur terhadap beton yang berumur 28 hari dapat diambil menurut koefisien pada faktor umur semen Tipe 1 (OPC). Namun saat ini pemakaian koefisien pengali kekuatan tadi dianggap sudah tidak tepat lagi karena semen yang digunakan bukan lagi OPC Tipe 1 melainkan PCC yang beredar di pasaran.

Oleh karena itu kami melakukan penelitian ini untuk meninjau kembali faktor umur yang ada didalam semen Tipe 1 (OPC).

2.5 Pengujian Interval Kepercayaan

Interval kepercayaan adalah suatu estimasi terhadap parameter populasi dengan memakai range (interval nilai). Estimasi interval merupakan sekumpulan angka, yang kita duga salah satunya adalah nilai yang diduga. Dengan melakukan estimasi interval maka hasil pendugaan kita akan lebih objektif. Kita juga dapat menyatakan berapa besar tingkat kepercayaan kita. bahwa interval yang terbentuk memang mengandung nilai parameter yang kita duga. Dalam ilmu sosial, interval kepercayaan yang sering digunakan adalah 90 %, 95 % atau 99 %. Pada dasarnya seorang peneliti bebas menentukan berapa besar interval kepercayaan yang akan dipergunakan. Pertimbangannya adalah dengan semakin besar tingkat kepercayaan yang diberikan maka semakin tinggi pula tingkat kepercayaan bahwa parameter populasi yang diestimasi terletak dalam interval yang terbentuk, namun penelitian itu menjadi semakin tidak teliti. Apabila kita menetapkan interval kepercayaan sebesar 95% maka dengan kata lain kita

menetapkan alpha sebesar 5% (100-95). Pengertiannya adalah kita memberikan toleransi untuk melakukan kesalahan sebanyak 5 kali dalam 100 kali percobaan. Dengan interval kepercayaan itu maka peneliti memiliki kepercayaan bahwa nilai parameter di tingkat populasi akan berada pada interval $\pm Z$ standard error dari rata-rata populasi.

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mencari kevalidan data yang telah didapatkan. Dalam pengujian ini, digunakan interval konfiden 95%. Hal ini berarti bahwa toleransi kesalahan yang diijinkan hanyalah sebesar 5%, sedangkan sisanya (95%) adalah data-data yang dapat dipercaya. Data-data yang tidak memenuhi syarat tersebut kemudian dibuang, sehingga tertinggal data-data yang valid yang siap untuk diuji secara statistik.

2.6 Analisa regresi

Analisa regresi adalah analisa dimana mempelajari hubungan data yang terdiri atas dua buah atau lebih variable. Hubungan yang didapat pada umumnya dinyatakan dalam bentuk persamaan matematik yang menyatakan hubungan fungsional antara variable-variabel.

Analisis regresi merupakan salah satu analisis yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh suatu variabel terhadap variabel lain. Dalam analisis regresi, variabel yang mempengaruhi disebut Independent Variable (variabel bebas) dan variabel yang dipengaruhi disebut Dependent Variable (variabel terikat). Jika dalam persamaan regresi hanya terdapat satu variabel bebas dan satu variabel terikat, maka disebut sebagai persamaan regresi sederhana, sedangkan jika

variabel bebasnya lebih dari satu, maka disebut sebagai persamaan regresi berganda.

2.7 Pengertian Hipotesis

Hipotesis adalah jawaban sementara terhadap pernyataan yang diajukan pada rumusan masalah penelitian. Hipotesis akan ditolak jika salah satu palsu dan akan diterima fakta fakta membenarkan. Penolakan dan penerimaan hipotesis sangat bergantung pada hasil-hasil penyelidikan terhadap fakta fakta empirik yang dikumpulkan.

Adapun peran hipotesis pada penelitian ilmiah adalah :

1. Memberikan tujuan yang tegas bagi peneliti.
2. Membantu dalam penentuan arah kegiatan yang harus ditempuh, Dalam pembatasan ruang lingkup, memilih fakta dan menentukan relevansi pelaksanaan kegiatan.
3. Menghindari peneliti dari suatu kegiatan pelaksanaan penelitian yang tidak terarah dan tidak bertujuan.

Hipotesis dapat dibagi menjadi 2 bagian sebagai berikut :

1. Hipotesis nihil (H_0) : yaitu hipotesis yang menyatakan suatu kesamaan atau tidak adanya perbedaan antara dua kelompok atau lebih permasalahan yang dihadapi.

Secara operasional dapat ditulis : $H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5$

2. Hipotesis alternatif (H_a): yaitu hipotesis yang menyatakan kebalikan dari hipotesis nihil.

Secara operasional dapat ditulis : $H_a : \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4 \neq \mu_5$

Dari berbagai macam cara merumuskan hipotesa penelitian, yang digunakan pada penelitian ini adalah :

- a. Distribusi Student (t)

Hampir sama dengan distribusi normal, dimana distribusi ini juga dijuluki *kurva lonceng (bell curve)* karena grafik fungsi kepekatan probabilitasnya mirip dengan bentuk lonceng. Sama dengan distribusi normal, hanya sampel yang digunakan sedikit (umumnya kurang dari 33)

b. Distribusi Fisher (F)

Memperbandingkan dua varian, uji harga rata-rata tidak mencukupi (deviasinya sangat besar, sehingga nilai rata-rata sulit dijadikan ukuran) oleh karena itu digunakan uji variance yang mengikuti distribusi f.

2.8 Analisa Varian Satu Arah

Teknik analisa data statistik yang digunakan ketika kelompok-kelompok variabel bebas lebih dari dua. Pada anova kita asumsikan bahwa distribusi dari masing-masing kelompok harus terdistribusi secara normal. Dari hasil pengujian, data yang diperoleh dianalisa dengan menggunakan analisa varian satu arah, yang merupakan nilai pengamatan ulang dari masing-masing perlakuan, dengan anggapan bahwa pengamatan dari i sampai ke n dianggap mempunyai nilai yang heterogen. Uji yang dipergunakan dalam anova adalah uji F karena dipakai untuk pengujian dari 2 sampel.

2.9 Distribusi t

Hipotesis statistik adalah perumusan sementara mengenai suatu hal yang dibuat untuk menjelaskan hal itu. Jika perumusan atau pernyataan itu dikhususkan mengenai populasi statistik, umumnya mengenai parameter populasi, maka hipotesis itu disebut hipotesis statistik.

2.10 Mortar Semen

Mortar adalah campuran semen, pasir dan air yang memiliki persentase yang berbeda. Perbandingan semen, pasir dan air yang sesuai untuk mortar yang memenuhi syarat adalah 1 : 2,75 : 0,5. Sebagai bahan pengikat, mortar harus mempunyai kekentalan standard. Kekentalan standart mortar ini nantinya akan berguna dalam menentukan kekuatan mortar yang menjadi plasteran dinding, sehingga diharapkan mortar yang menahan gaya tekan akibat beban yang bekerja padanya tidak hancur (*Teknologi Beton, 2003*).

Mortar dan beton dibuat dari semen dan agregatnya yang dicampur dengan air. Yang perlu diketahui dari bahan bangunan adalah sifat kerapatan (densitas), porositas dan kekuatan tekan. Dalam hubungan dengan panas maka mortar juga perlu diketahui sifat-sifatnya, misalnya sebuah dinding yang terbuat dari beton mempunyai konduktifitas yang berbeda dengan bahan bangunan, erat sekali hubungannya dengan penggunaan bahan bangunan.

Ada beberapa macam mortar sesuai dengan bahan ikatnya, yaitu mortar lumpur, mortar kapur, mortar tras, mortar semen, mortar semen kapur, dan mortar semen tras. Mortar semen adalah mortar yang tersusun atas campuran semen Portland, pasir, dan air dengan komposisi tertentu. Komposisi bahan susun mortar semen, umumnya menggunakan perbandingan volume semen dan pasir yang berkisar 1: 2 sampai 1: 6 disesuaikan dengan pemakaiannya. Mortar semen lebih kuat daripada ketiga jenis mortar diatas (mortar lumpur, mortar kapur, dan mortar tras). Umumnya mortar semen ini digunakan sebagai plesteran dinding, bahan pelapis, dan perekat (spesi) pasangan batu bata, spesi batu kali, plesteran

pemasangan tegel, dan sebagainya. Pada industri bahan bangunan, mortar semen biasanya digunakan sebagai bahan untuk membuat tegel, batako, (*loster*), (*paving block*), buis beton, dan sebagainya. Mortar semen akan memberikan kuat tekan yang baik atau tinggi jika memakai pasir kasar dan bersih (tidak mengandung lumpur) serta bergradasi baik. Pemakaian air yang berlebihan akan menyebabkan pemisahan butir (segregasi) pada semen dan pasir, yang berakibat membesarnya penyusutan dan mengurangi daya rekat (*adhesiveness*). Dengan demikian, akan mempengaruhi pula daya tahannya terhadap penetrasi air hujan dan kekuatan batasnya (*ultimate strength*).

Sifat penting dari mortar adalah kuat tekan yang dapat menentukan kualitas mortar, sedangkan kualitas mortar bergantung pada kualitas bahan penyusunnya. Kuat tekan mortar semen akan kurang baik apabila terdapat rongga (pori-pori) yang tidak terisi oleh butiran semen maupun pasta semen. Pori-pori berisi udara (*air voids*) dan berisi air (*water filled space*) ini bisa saling berhubungan dan saling membentuk kapiler setelah mortar mengering. Hal ini akan mengakibatkan mortar yang terbentuk akan bersifat tembus air (*porous*) yang besar, daya ikat berkurang, dan mudah terjadi *slip* antar butir-butir pasir yang dapat mengakibatkan kuat tekan mortar berkurang. (Gideon Kusuma, 1993).

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dan pengujian seluruhnya dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Institut Teknologi Nasional Malang pada tanggal 12 Mei 2015 sampai 26 Juni 2015. Mulai dari percobaan bahan dasar sampai pelaksanaan pengecoran, pembuatan benda uji, perawatan dan pengetesan.

3.2. Peralatan dan Bahan

3.2.1. Peralatan

Peralatan yang digunakan antara lain :

1. Mesin pencampur beton (*concrete mixer*), dengan kapasitas $0,125 \text{ m}^3$.
2. Tongkat pemadat, dengan ukuran diameter 16 mm dan panjang 0,6 m.
Digunakan untuk memadatkan adukan beton didalam cetakan, sehingga didapatkan beton yang padat dan tidak keropos.
3. Kerucut Abrams, terbuat dari pelat baja berbentuk kerucut berlubang dengan diameter lubang atas 10 cm dan diameter lubang bawah 20 cm serta tinggi 30 cm. Alat dilengkapi dengan alas plat baja dan tongkat baja diameter 16 mm, panjang 60 cm sebagai alat pemadat. Kerucut Abrams digunakan untuk pengujian nilai slump dari suatu adukan beton saat pengecoran.
4. Cetakan silinder plat dari plat baja dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.
5. Alat uji tekan beton.

6. Seperangkat saringan dan timbangan.
7. Bak air untuk perendam perawatan beton (*moist curing*).
8. Serta alat-alat pendukung lain untuk menguji sifat-sifat agregat seperti berat jenis dan lain-lain.

3.2.2. Bahan

1. Semen yang digunakan adalah semen Holcim jenis PCC (*portland composite cement*) yang diproduksi oleh PT. Semen Holcim Indonesia.
2. Pasir lumajang dan batu koral (agregat halus dan agregat kasar)
3. Air yang digunakan adalah air yang berasal dari PDAM kota Malang.

3.3. Rancangan Peneletian

3.3.1. Mutu Beton

Dalam penelitian ini, perancangan campuran beton menggunakan metode modifikasi DOE (*Departement Of Enviorenment*) dengan mutu beton rencana ($f'c$) = 20 MPa dan ($f'c$) = 35 MPa.

3.3.2. Benda Uji

Benda uji dibuat sama ukuran dan jumlahnya, seperti tabel di bawah ini :

Tabel 3.1. Benda uji yang dibuat

Mutu Beton	Umur Beton	Semen	Ukuran sampel	Jumlah Sampel
f'c 20	3 hari	HOLCIM	Silinder 15 x 30 cm	4 buah
	7 hari		Silinder 15 x 30 cm	4 buah
	14 hari		Silinder 15 x 30 cm	4 buah
	21 hari		Silinder 15 x 30 cm	4 buah
	28 hari		Silinder 15 x 30 cm	4 buah
f'c 35	3 hari	HOLCIM	Silinder 15 x 30 cm	4 buah
	7 hari		Silinder 15 x 30 cm	4 buah
	14 hari		Silinder 15 x 30 cm	4 buah
	21 hari		Silinder 15 x 30 cm	4 buah
	28 hari		Silinder 15 x 30 cm	4 buah

3.4. Prosedur penelitian

3.4.1. Pemeriksaan Material Beton

Sebelum digunakan dalam campuran beton, terlebih dahulu dilakukan pengujian pada material-material beton. Pengujian material terbatas pada sifat-sifat fisik yaitu pemeriksaan konsistensi normal semen, waktu ikat semen, gradasi agregat, kadar air, kadar lumpur, kadar organik, berat jenis, penyerapan (*absorpsi*), berat isi, dan keausan.

3.4.2. Perencanaan Campuran Beton

Metode perencanaan yang digunakan berdasarkan modifikasi DOE (*Departement Of Enviorenment*). Komposisi campuran beton berupa semen, agregat halus dan agregat kasar.

3.5. Pelaksanaan Penelitian

3.5.1. Pembuatan Benda Uji

Benda uji dibuat sesuai dengan jumlah dan proporsi yang ada dalam perencanaan campuran. Setiap mutu campuran dibuat dalam satu adukan untuk menghindari perbedaan hasil yang mungkin terjadi jika adukan dibuat lebih dari satu kali.

3.5.2. Perawatan Benda Uji

Perawatan benda uji dilakukan dengan merendam di kolam air. Perawatan dilakukan sampai 28 hari, hal ini agar menjamin pengeringannya dapat merata sehingga mengurangi retak awal pada benda uji.

3.5.3. Pengujian Benda Uji

Benda uji diuji dengan alat *compression testing machine* pada umur yang telah ditentukan (3, 7, 14, dan 28 hari). Benda uji diambil dari kolam perendaman satu hari sebelum proses pengujian dilakukan.

Sebelum dilakukan penekanan dengan menggunakan mesin *compression testing machine*, benda uji di-*capping* terlebih dahulu agar didapatkan permukaan yang rata untuk menjamin kekuatan yang maksimal.

Dari pengujian ini dihasilkan nilai kuat tekan dari beton yang telah dibuat.

3.6. Metode Pengumpulan Data

Data yang diperlukan untuk analisis selanjutnya, diperoleh dari hasil pengujian benda uji di laboratorium. Data tersebut berupa data kauntitatif yang

dapat diukur secara langsung atau dapat dihitung maupun data kualitatif lewat pengamatan. Data-data tersebut adalah :

- Berat (kg)
- Tekan hancur (N)
- Tegangan Hancur riil (MPa)

3.7. Metode Pembuatan

Pembuatan benda uji dilakukan satu kali untuk tiap mutu. Kapasitas molen yang digunakan 0,125 m³. Sebelum digunakan, molen tersebut dibasahi terlebih dahulu agar air semen tidak menempel pada dinding molen.

Tahap pembuatan benda uji :

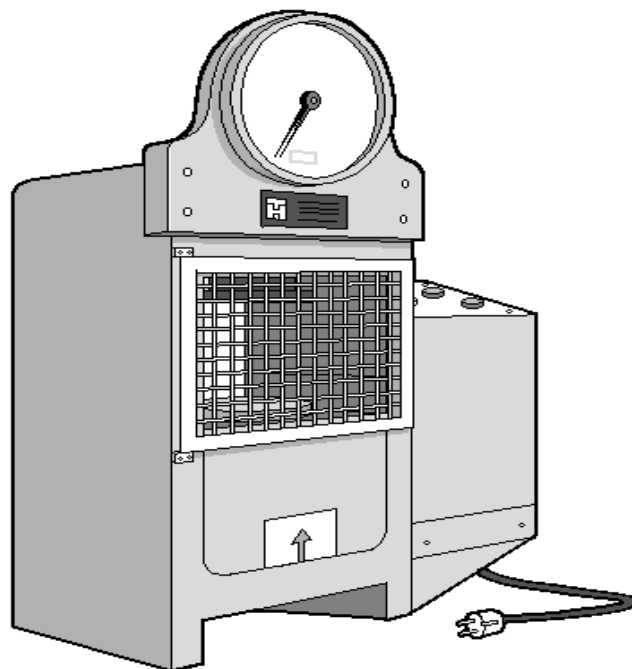
1. Menimbang material sesuai dengan proporsi campuran dari perencanaan.
2. Kemudian masukan semua komponen agregat dan putar molen selama ± 1 menit agar komponen-komponen tersebut tercampur. Urutan memasukkan bahan adalah agregat kasar, agregat halus, semen, dan air.
3. Dan aduk sampai tercampur.
4. Setelah bahan tercampur rata, dilakukan pengujian slump untuk mendapatkan kekentalan campuran yang sesuai.

3.8. Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton dilaksanakan sesuai dengan SNI 03-1974-1990/ASTM C 39.

Urutan pengujian kuat tekan beton :

1. Benda uji berbentuk silinder diangkat dari tempat curing (perawatan) yang sebelumnya sudah kita rendam selama 28 hari.
2. Sebelum diuji, silinder dikeringkan dahulu pada ruang terbuka selama 24 jam.
3. Permukaan benda uji masih belum rata dan perlu perataan permukaan benda uji (*Capping*). Satu cara untuk meratakannya adalah dengan menggosokannya, ini akan memuaskan tetapi memakan biaya dan membutuhkan waktu. Secara umum dalam meratakannya adalah dengan menutup permukaan benda uji silinder dengan bahan yang cocok (benda uji ASTM C617). Sebuah lapisan tipis yang terbuat dari belerang bisa digunakan pada benda uji tercetak.
4. Proses pengujian kekuatan tekan kemudian dilakukan dengan cara menempatkan benda uji berbentuk silinder ke dalam alat pengujian, benda uji silinder ditekan dengan mesin hidrolis dengan kecepatan konstan.



Gambar 3.1 Mesin Uji Tekan

5. Pengujian dihentikan sampai beban maksimal dan jenis kehancuran kemudian dicatat.

Dihitung kuat tekan beton dengan rumus :

$$f'_{ci} = \frac{P}{A}$$

Dimana : f'_{ci} = Kuat Tekan Beton (Mpa)

P = Beban Maksimum (N)

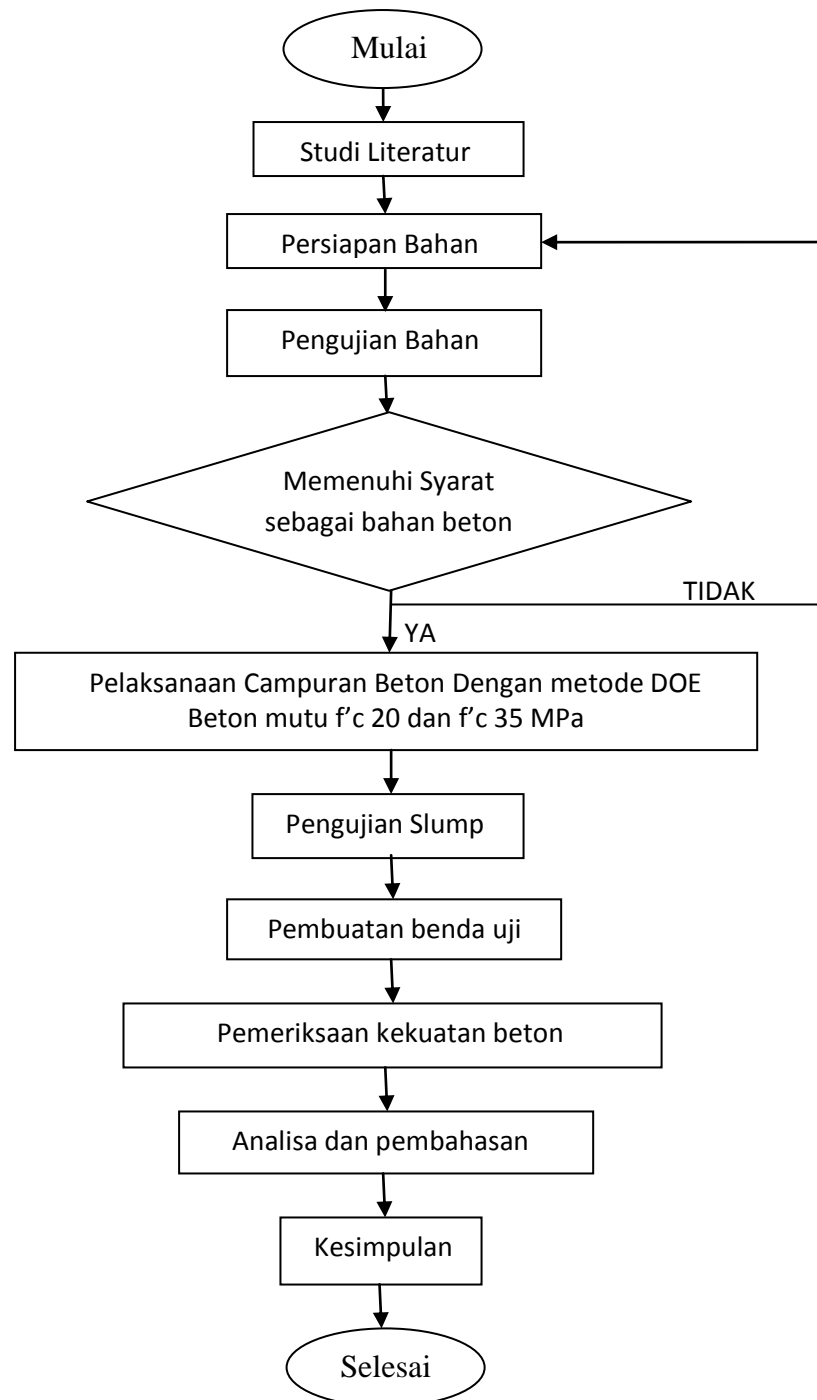
A = Luas Penampang Benda Uji (mm²)

3.9. Analisis Data

Data – data yang diperoleh dari hasil pengujian akan dianalisis, yang meliputi :

- Pengujian interval penelitian
- Pengujian regresi
- Pengujian Anova Satu Arah.

3.10. Diagram Alir Penelitian



BAB IV

PERSIAPAN DAN PELAKSANAAN PENELITIAN

4.1. Perhitungan Komposisi Campuran Beton

4.1.1. Pemeriksaan variabel Perencanaan

Sebelum dilakukan perencanaan campuran (*mix design*) beton, terlebih dahulu dilakukan pemeriksaan variabel perencanaan, yaitu pemeriksaan sifat-sifat bahan yang akan digunakan. Pemeriksaan/cara uji bahan beton meliputi agregat kasar, agregat halus, semen dapat dilihat selengkapnya dalam lampiran.

Berikut ini hasil dari pemeriksaan bahan tersebut di atas :

- Berat isi agregat halus = 1,86 gr/cm³
- Berat isi agregat kasar = 1,59 gr/cm³
- Berat jenis agregat kasar = 2,70
- Berat jenis agregat halus = 2,79
- Ukuran agregat maksimum = 40 mm
- Kadar air agregat halus = 10,79 % kondisi asli & 0,50 % kondisi SSD
- Kadar air agregat kasar = 1,14 % kondisi asli & 1,30% kondisi SSD

4.1.2. Perhitungan *Mix Design* Beton untuk Metode Doe Mengacu Pada SNI

03-2847-2002

A. Mix design kuat tekan karakteristik (f_c 20 MPa)

1. Kekuatan tekan ditambah margin

- $F'_{cr} = f'_c + 1,34 \cdot S$
 $= 20 + 1,34 \cdot 6$
 $= \mathbf{28,04 \text{ MPa}}$
- $F'_{cr} = f'_c + 2,33 \cdot S - 3,5$
 $= 20 + 2,33 \cdot 6 - 3,5$
 $= \mathbf{30,48 \text{ MPa}}$

Nilai kekuatan dengan margin yang digunakan adalah yang terbesar dari dua rumus diatas, yaitu = **30,48 MPa**

2. *Deviasi Standart* = diambil yang baik antara $5,5 < S < 6,5$

Tabel 4.1. Deviasi Standar Berdasarkan Isi Pekerjaan

Isi pekerjaan		Deviasi standar S (Mpa)		
Sebutan	Jumlah beton (m ³)	Baik sekali	Baik	Dapat diterima
Kecil	< 1000	$4,5 < S < 5,5$	$5,5 < S < 6,5$	$6,5 < S < 8,5$
Sedang	1000 – 3000	$3,5 < S < 4,5$	$4,5 < S < 5,5$	$5,5 < S < 7,5$
Besar	> 3000	$2,5 < S < 3,5$	$3,5 < S < 4,5$	$4,5 < S < 6,5$

Sumber : Buku Teknologi Beton, Paul Nugraha

3. *Jenis semen yang digunakan* : Semen HOLCIM PCC 40 kg

4. *Jenis Agregat Kasar* : Dipecah

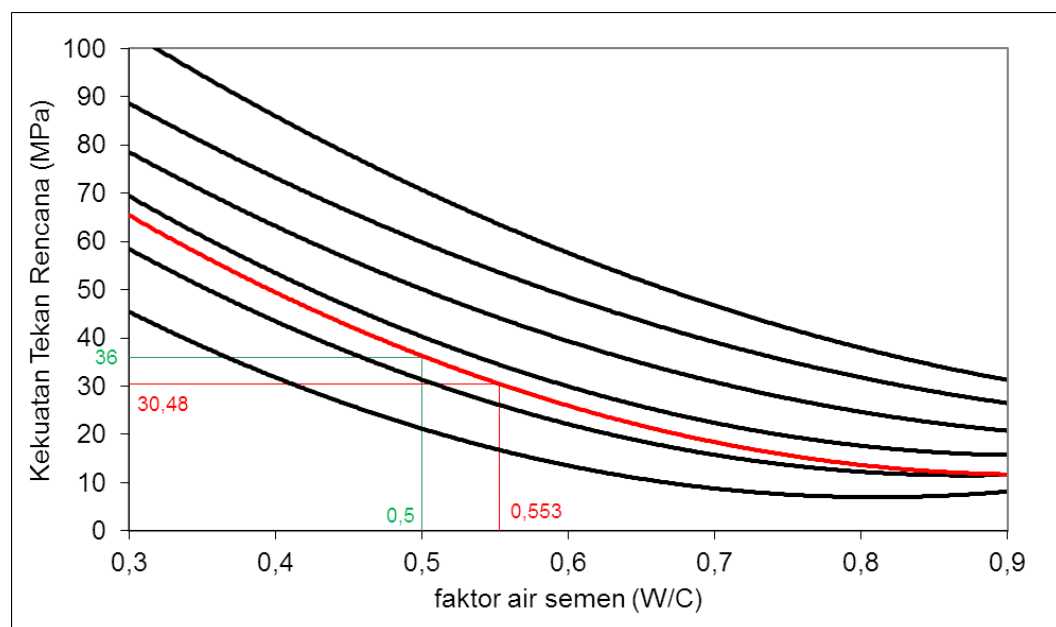
Jenis Agregat halus : Tidak dipecah

5. Faktor air semen (W/C) :

Tabel 4.2. Perkiraan Kekuatan Tekan Beton Dengan Faktor Air Semen (w/c) = 0,5

Tipe semen	Jenis agregat kasar	Kekuatan tekan (MPa) pada umur (hari)			
		3	7	28	91
Tipe I Tipe V	Tidak dipecah	22	31	43	50
	Dipecah	27	36	48	55
Tipe III	Tidak dipecah	29	37	49	55
	Dipecah	34	43	54	60

Sumber : Buku Teknologi Beton, Paul Nugraha



Grafik 4.1 : Kurva Hubungan Kekuatan Tekan W/C

Sumber : Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2002)

Dilengkapi Penjelasan (S-2002)

$$\frac{w}{c} \text{ rasio rencana} = 0,553$$

Dari pembacaan table diatas didapat W/C = 0,553

6. *Faktor air semen maksimum :*

Tabel 4.3 : Jumlah Semen Minimum Untuk Kondisi Terekspos

Kondisi Ekspos	Selimut beton (mm)								
Ringan	-	-	-	-	25	20	20	20	20
Sedang	-	-	-	-	-	35	30	25	20
Buruk	-	-	-	-	-	-	40	30	25
Sangat buruk	-	-	-	-	-	-	50	40	30
Ekstrim	-	-	-	-	-	-	-	60	50
W/C maksimum	0,78	0,75	0,73	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50	0,45
Jumlah semen minimum (kg/m ³)	213	225	238	250	275	300	325	350	400
Kekuatan minimum (MPa)	17,5	20	22,5	25	30	35	40	45	50

Sumber : *Buku Teknologi Beton, Paul Nugraha*

Karena mutu yang di tentukan 20 MPa pembacaan pada tebal diambil diambil w/c minimum pada tebal yaitu = 0,75

7. *Faktor air semen yang digunakan pada perencanaan :* terkecil antara Faktor air semen (W/C) (poin 5) dan Faktor air semen maksimum (poin 6) adalah 0,553

8. *Slump rencana* = 60 – 180 mm

9. *Dilihat dari grafik saringan agregat kasar (masuk dalam ukuran 4,8 mm sampai 38,1 mm \approx 40 mm).*

10. Kadar air bebas :

Tabel 4.4 : Perkiraan Jumlah Air Bebas Yang Diperlukan Untuk Memberikan Tingkat Workability Tertentu

Ukuran maksimum agregat (mm)	Jenis Agregat	Jumlah air (kg/m ³) untuk			
		Slump (mm)			
		0 – 10	10 - 30	30 – 60	60 – 180
10	Dipecah	150	180	205	225
	Tidak dipecah	180	205	230	250
20	Dipecah	135	160	180	195
	Tidak dipecah	170	190	210	225
40	Dipecah	115	140	160	175
	Tidak dipecah	155	175	190	205

Sumber : Buku Teknologi Beton, Paul Nugraha

Menentukan kadar air bebas dengan melihat tabel 11 pada ukuran maksimum agregat 20 mm pada slump 60 - 180 dengan jenis agregat yang di pecah terdapat nilai kadar air bebas $= (2/3) \times 205 + (1/3) \times 175 = 195 \text{ kg}$

$$\begin{aligned}
 11. \text{ Pemakaian jumlah semen} &= \frac{\text{Kadar Air bebas}}{\text{FAS (rencana)}} \\
 &= \frac{195}{0,553} = 352,62 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

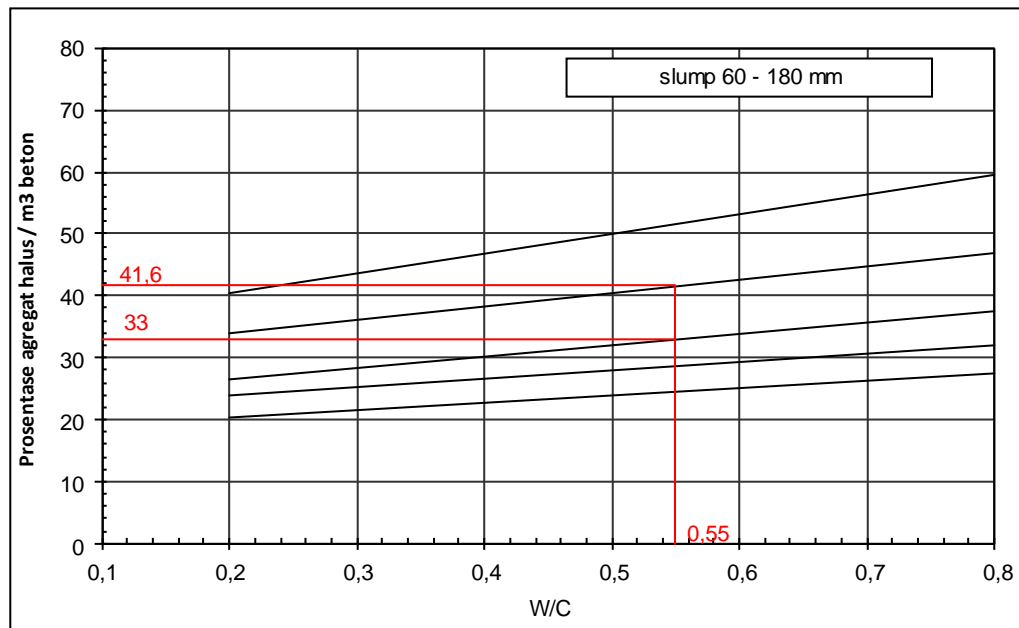
12. Jumlah semen minimum :

Jumlah semen minimum dilihat pada Tabel 4.3 dengan w/c maksimum 0,75 diperoleh jumlah semen minimum 225 mm

13. Jumlah semen yang digunakan pada perencanaan :

adalah nilai terbesar antara jumlah pemakaian semen minimum (Poin 11) dengan jumlah semen minimum (Poin 12), yaitu 352,62 kg/m³.

14. Proporsi agregat Halus dengan slump 60 - 180 mm.



Grafik 4.2. : Penentuan Prosentase Agregat Halus Untuk Diameter Maksimum 40 mm (Sumber : SNI 03-2847-2002)

$$\text{Jumlah Proporsi agregat halus} = \frac{33\% + 41,6\%}{2} = 37,30\%$$

15. *Proporsi agregat kasar* = $100\% - 37,30\% = 62,70\%$

16. *Dari data pemeriksaan bahan maka di dapat berat jenis agregat halus (SSD) = 2,750*

17. *Dari data pemeriksaan bahan maka di dapat berat jenis agregat kasar (SSD) = 2,734*

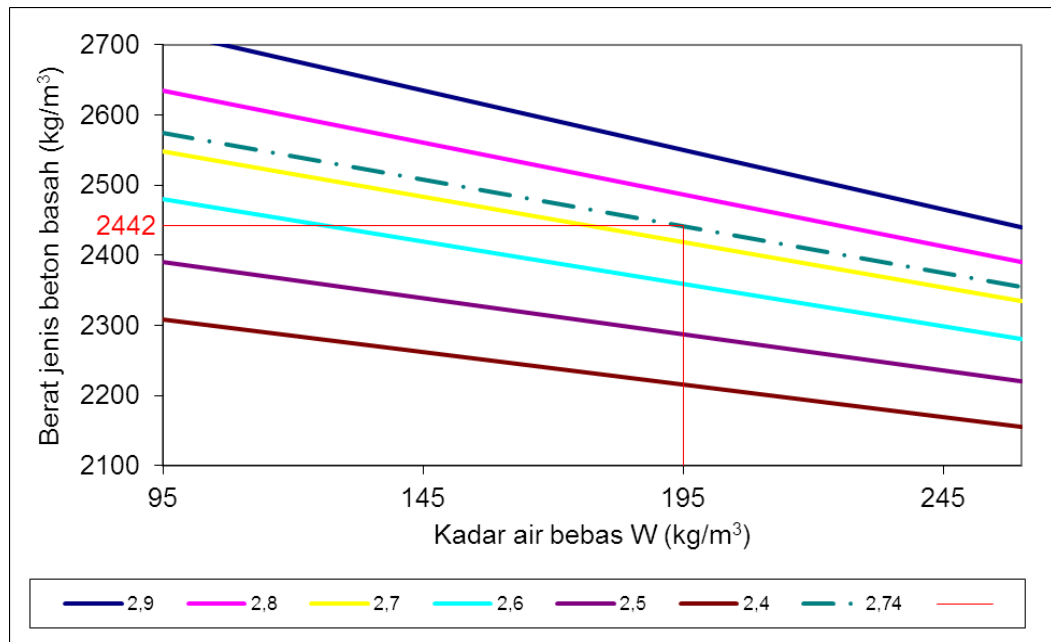
18. *Berat jenis agregat gabungan :*

$$= \text{Proporsi agregat halus (Poin 14)} \times \text{berat jenis agregat halus (SSD)} + \text{Proporsi agregat kasar (Poin 15)} \times \text{berat jenis agregat kasar (SSD)} / 100\%$$

$$= ((37,30) \cdot (2,750) + (62,70) \cdot (2,734)) / 100$$

$$= 2,74$$

19. Berat isi beton basah dapat di lihat pada grafik 4.3 didapat 2442 kg/m^3



Grafik 4.3 : Perkiraan berat jenis beton segar

20. Total jumlah agregat :

= Berat jenis beton basah (Poin 19) – Kadar air bebas (Poin 10) – Jumlah semen yang di rencanakan (Poin 13)

$$= (2442) - (195) - (352,62) = 1894,38 \text{ kg/m}^3$$

21. Jumlah agregat halus :

$$= \frac{\text{Proporsi agregat halus (Poin 14)} \times \text{jumlah total agregat (Poin 20)}}{100}$$

$$= \frac{37,30 \times 1894,38}{100}$$

$$= 706,60 \text{ kg/m}^3$$

22. *Jumlah agregat kasar :*

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{Proporsi agregat kasar (Poin 15)} \times \text{jumlah total agregat (Poin 20)}}{100} \\
 &= \frac{62,70 \times 1894,38}{100} \\
 &= 1187,77 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

23. *Kadar air agregat halus (asli) :*

sesuai dengan tabel pemeriksaan maka didapat = 10,79 %

24. *Kadar air agregat kasar (asli):*

sesuai dengan tabel pemeriksaan maka didapat = 1,4 %

25. *Kadar air agregat halus (SSD) :*

sesuai dengan pemeriksaan tabel maka didapat = 0,50 %

26. *Kadar air Agregat kasar (SSD) :*

sesuai dengan pemeriksaan tabel maka didapat = 1,30 %

27. *Kelebihan air dalam agregat halus :*

$$\begin{aligned}
 &= \text{Kadar air SSD agregat halus} - \text{Kadar air agregat halus asli} \\
 &= 0,50 - 10,79 = - 10,29 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

28. *Kelebihan air dalam agregat kasar :*

$$\begin{aligned}
 &= \text{Kadar air SSD agregat kasar} - \text{Kadar air agregat kasar asli} \\
 &= 1,30 - 1,14 = 0,16 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

29. *Jumlah agregat halus :*

$$\begin{aligned}
 &= \{ [100 + \text{Kadar air agregat halus (asli) (Poin 23)}] / [100 + \text{Kadar air} \\
 &\quad \text{agregat halus (SSD) (Poin 25)}] \times \text{Jumlah agregat halus (Poin 21)} \}
 \end{aligned}$$

$$= \{[100 + (10,79)] / [100 + (0,50)] \times (706,60)\} = 778,96 \text{ kg/m}^3$$

30. *Jumlah agregat kasar :*

$$= \{[100 + \text{Kadar air agregat kasar (asli) (Poin 24)}] / [100 + \text{Kadar air agregat kasar (SSD) (Poin 26)}] \times \text{Jumlah agregat kasar (Poin 22)}\}$$

$$= \{[100 + (1,14)] / [100 + (1,30)] \times (1187,77)\} = 1185,91 \text{ kg/m}^3$$

31. *Jumlah air :*

$$= \text{Kadar air bebas (Poin 10)} + \text{Kelebihan air dalam agregat halus (Poin 27)}$$

$$+ \text{Kelebihan air dalam Agregat kasar (Poin 28)}$$

$$= 195 + (-10,29) + 0,16 = 184,87 \text{ kg/m}^3$$

Dari perhitungan di atas maka didapat komposisi sebagai berikut :

- 352,62 kg/m³ untuk jumlah semen (Poin 13)
- 778,96 kg/m³ untuk jumlah agregat halus (Poin 29)
- 1185,91 kg/m³ untuk jumlah agregat kasar (Poin 30)
- 184,87 kg/m³ untuk jumlah kadar air (Poin 31)

Tabel 4.5: Komposisi Akhir Campuran Beton Kondisi Lapangan

Komposisi akhir campuran beton kondisi lapangan				
Jumlah	Semen (kg)	Agregat halus (kg)	Agregat kasar (kg)	Air (kg)
Per m ³	352,62	778,96	1185,91	184,87
Perbandingan berat	1	2,21	3,36	0,52

Sumber : Data Hasil Penelitian

B. Mix design kuat tekan karakteristik (f_c 35 MPa)

1. Kekuatan tekan karakteristik

- $F'_{cr} = f'_c + 1,34 \cdot S$
 $= 35 + 1,34 \cdot 6$
 $= \mathbf{43,04 \text{ MPa}}$
- $F'_{cr} = f'_c + 2,33 \cdot S - 3,5$
 $= 35 + 2,33 \cdot 6 - 3,5$
 $= \mathbf{45,48 \text{ MPa}}$

Nilai kekuatan dengan margin yang digunakan adalah yang terbesar dari dua

rumus diatas, yaitu = **45,48 MPa**

2. Deviasi Standart = diambil yang baik antara $5,5 < S < 6,5$

Tabel 4.6. Deviasi Standar Berdasarkan Isi Pekerjaan

Isi pekerjaan		Deviasi standar S (Mpa)		
Sebutan	Jumlah beton (m ³)	Baik sekali	Baik	Dapat diterima
Kecil	< 1000	$4,5 < S < 5,5$	$5,5 < S < 6,5$	$6,5 < S < 8,5$
Sedang	1000 – 3000	$3,5 < S < 4,5$	$4,5 < S < 5,5$	$5,5 < S < 7,5$
Besar	> 3000	$2,5 < S < 3,5$	$3,5 < S < 4,5$	$4,5 < S < 6,5$

Sumber : *Buku Teknologi Beton, Paul Nugraha*

Jenis semen yang digunakan : Semen HOLCIM PCC 40 kg

Jenis Agregat Kasar : Dipecah

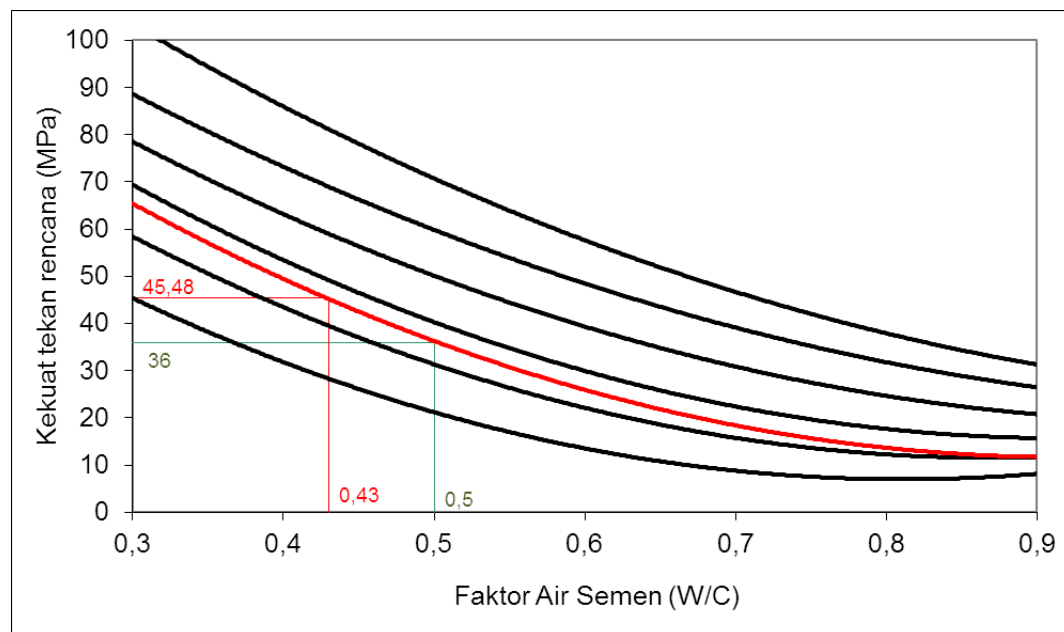
Jenis Agregat halus : Tidak dipecah

5. Faktor air semen (W/C) :

Tabel 4.7. Perkiraan Kekuatan Tekan Beton Dengan Faktor Air Semen (w/c) = 0,5

Tipe semen	Jenis agregat kasar	Kekuatan tekan (MPa) pada umur (hari)			
		3	7	28	91
Tipe I Tipe V	Tidak dipecah	22	31	43	50
	Dipecah	27	36	48	55
Tipe III	Tidak dipecah	29	37	49	55
	Dipecah	34	43	54	60

Sumber : Buku Teknologi Beton, Paul Nugraha



Grafik 4.4. : Kurva Hubungan Kekuatan Tekan W/C

Sumber : Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2002)

Dilengkapi Penjelasan (S-2002)

$$\frac{w}{c} \text{ rasio rencana} = 0,43$$

Dari pembacaan table diatas didapat W/C = 0,43

6. *Faktor air semen maksimum :*

Tabel 4.8 : Jumlah Semen Minimum Untuk Kondisi Terekspos

Kondisi Ekspos	Selimut beton (mm)							
Ringan				25	20	20	20	20
Sedang				-	35	30	25	20
Buruk				-	-	40	30	25
Sangat buruk				-	-	50	40	30
Ekstrim				-	-	-	60	50
W/C maksimum	0,75	0,73	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50	0,45
Jumlah semen minimum (kg/m ³)	225	232	250	275	300	325	350	400
Kekuatan minimum (MPa)	20	22,5	25	30	35	40	45	50

Sumber : Buku Teknologi Beton, Paul Nugraha

Karena mutu yang di tentukan 35 MPa pembacaan pada tabel diambil w/c minimum pada tabel yaitu = 0,60.

7. *Faktor air semen yang digunakan pada perencanaan :*

terkecil antara Faktor air semen (W/C) (*Poin 5*) dan Faktor air semen maksimum (*Poin 6*) adalah 0,43

Slump rencana = 60 – 180 mm

9. *Dilihat dari grafik saringan agregat kasar (masuk dalam ukuran 4,8 mm sampai 38,1 mm \approx 40 mm).*

10. Kadar air bebas :

Tabel 4.9 : Perkiraan Jumlah Air Bebas Yang Diperlukan Untuk Memberikan Tingkat Workability Tertentu

Ukuran maksimum agregat (mm)	Jenis Agregat	Jumlah air (kg/m ³) untuk			
		Slump (mm)			
		0 - 10	10 - 30	30 - 60	60 - 180
10	Dipecah	150	180	205	225
	Tidak dipecah	180	205	230	250
20	Dipecah	135	160	180	195
	Tidak dipecah	170	190	210	225
40	Dipecah	115	140	160	175
	Tidak dipecah	155	175	190	205

Sumber : Buku Teknologi Beton, Paul Nugraha

Menentukan kadar air bebas dengan melihat tabel 4.9 pada ukuran maksimum agregat 20 mm pada slump 60 - 180 dengan jenis agregat yang di pecah terdapat nilai kadar air bebas $= (2/3) \times 205 + (1/3) \times 175 = 195 \text{ mm}$

$$\begin{aligned}
 11. \text{ Pemakaian jumlah semen} &= \frac{\text{KadarAirbebas}}{\text{FAS}(\text{rencana})} \\
 &= \frac{195}{0,43} = 453,49 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

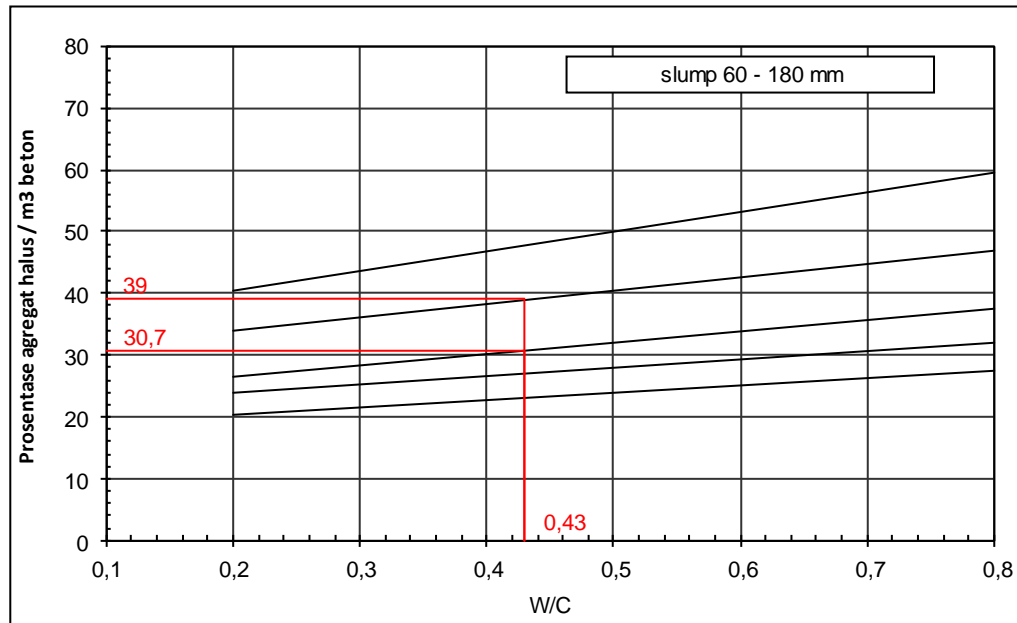
12. Jumlah semen minimum :

Jumlah semen minimum dilihat pada Tabel 4.8 dengan w/c maksimum 0.60 diperoleh jumlah semen minimum 300 mm.

13. Jumlah semen yang digunakan pada perencanaan :

adalah nilai terbesar antara jumlah pemakaian semen minimum (*Poin 11*) dengan jumlah semen minimum (*Poin 12*), yaitu 453,49 kg/m³.

14. Proporsi agregat Halus dengan slump 60 - 180 mm.



Grafik 4.5. : Penentuan Prosentase Agregat Halus Untuk Diameter Maksimum 40 mm (Sumber : SNI 03-2847-2002)

$$\text{Jumlah Proporsi agregat halus} = \frac{30,7\% + 39\%}{2} = 34,85\%$$

$$15. \text{ Proporsi agregat kasar} = 100\% - 34,80\% = 65,15\%$$

16. Dari data pemeriksaan bahan maka di dapat berat jenis agregat halus (SSD) :

$$2,750$$

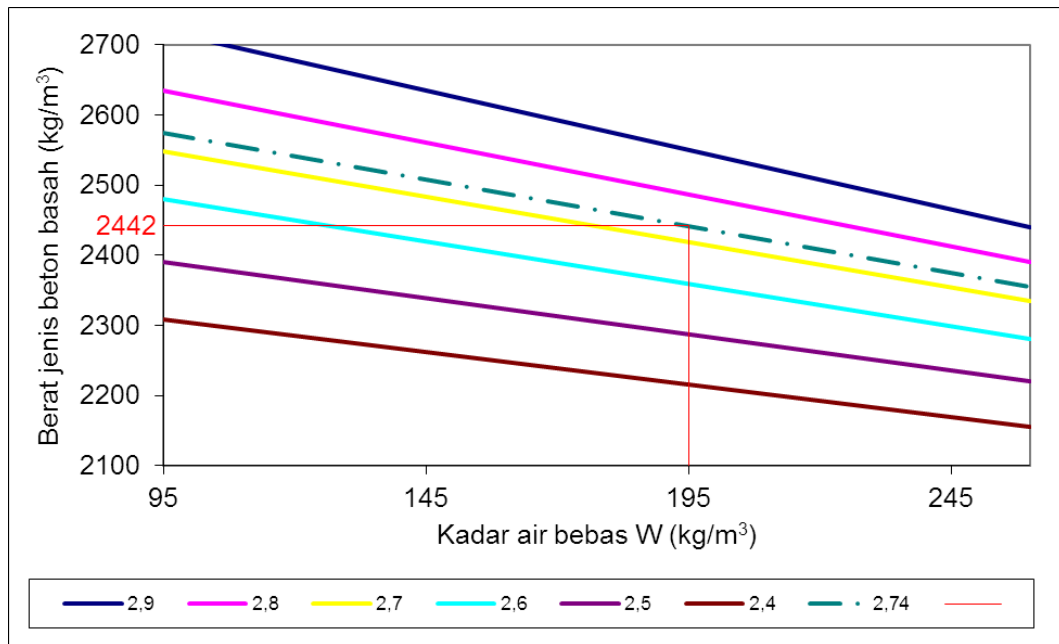
17. Dari data pemeriksaan bahan maka di dapat berat jenis agregat kasar (SSD) :

$$2,734$$

18. Berat jenis agregat gabungan :

$$\begin{aligned} &= \text{Proporsi agregat halus (Poin 14) x berat jenis agregat halus (SSD) (Poin 16)} \\ &+ \text{Proporsi agregat kasar (Poin 15) x berat jenis agregat kasar (SSD) (Poin 17) / 100 \%} \\ &= ((34,85) \cdot (2,750) + (65,15) \cdot (2,734)) / 100 \\ &= 2,74 \end{aligned}$$

19. Berat isi beton basah dapat di lihat pada gambar 4.10 didapat 2442 kg/m^3



Grafik 4.6. : Perkiraan berat jenis beton segar

20. Total jumlah agregat :

= Berat jenis beton basah (Poin 19) – Kadar air bebas (Poin 10) – jumlah semen yang di rencanakan (Poin 13)

$$= (2442) - (195) - (453,49) = 1793,51 \text{ kg/m}^3$$

21. Jumlah agregat halus :

$$= \frac{\text{Proporsi agregat halus (Poin 14)} \times \text{jumlah total agregat (Poin 20)}}{100}$$

$$= \frac{34,85 \times 1793,51}{100}$$

$$= 625,04 \text{ kg/m}^3$$

22. *Jumlah agregat kasar* :

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{Proporsi agregat kasar (Poin 15)} \times \text{jumlah total agregat (Poin 20)}}{100} \\
 &= \frac{65,15 \times 1793,51}{100} \\
 &= 1168,47 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

23. *Kadar air agregat halus (asli)* :

sesuai dengan tabel pemeriksaan maka didapat = 10,79 %

24. *Kadar air agregat kasar (asli)* :

sesuai dengan tabel pemeriksaan maka didapat = 1,14 %

25. *Kadar air agregat halus (SSD)* :

sesuai dengan pemeriksaan tabel maka didapat = 0,50 %

26. *Kadar air Agregat kasar (SSD)* :

sesuai dengan pemeriksaan tabel maka didapat = 1,30 %

27. *Kelebihan air dalam agregat halus* :

$$\begin{aligned}
 &= \text{Kadar air SSD agregat halus} - \text{Kadar air agregat halus asli} \\
 &= 0,50 - 10,79 = - 10,29 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

28. *Kelebihan air dalam agregat kasar* :

$$\begin{aligned}
 &= \text{Kadar air SSD agregat kasar} - \text{Kadar air agregat kasar asli} \\
 &= 1,30 - 1,14 = 0,16 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

29. *Jumlah agregat halus* :

$$\begin{aligned}
 &= \{ [100 + \text{Kadar air agregat halus (asli) (Poin 23)}] / [100 + \text{Kadar air} \\
 &\quad \text{agregat halus (SSD) (Poin 25)}] \times \text{Jumlah agregat halus (Poin 21)} \}
 \end{aligned}$$

$$= \{[100 + (10,79)] / [100 + (0,50)] \times (625,04)\} = 689,04 \text{ kg/m}^3$$

30. Jumlah agregat kasar :

$$= \{[100 + \text{Kadar air agregat kasar (asli) (Poin 23)}] / [100 + \text{Kadar air agregat kasar (SSD) (Poin 26)}] \times \text{Jumlah agregat kasar (Poin 22)}\}$$

$$= \{[100 + (1,14)] / [100 + (1,30)] \times (1168,47)\} = 1166,64 \text{ kg/m}^3$$

31. Jumlah air :

$$= \text{Kadar air bebas (Poin 10)} + \text{Kelebihan air dalam agregat halus (Poin 27)} \\ + \text{Kelebihan air dalam Agregat kasar (Poin 28)}$$

$$= 195 + (-10,29) + 0,16 = 184,87 \text{ kg/m}^3$$

Dari perhitungan di atas maka di dapat komposisi sebagai berikut :

- 453,49 kg/m³ untuk semen (Poin 13)
- 689,04 kg/m³ untuk agregat halus (Poin 29)
- 1166,64 kg/m³ untuk jumlah agregat kasar (Poin 30)
- 184,87 kg/m³ untuk jumlah kadar air (Poin 31)

Tabel 4.10 : Komposisi Akhir Campuran Beton Kondisi Lapangan

Komposisi akhir campuran beton kondisi lapangan				
Jumlah	Semen (kg)	Agregat halus (kg)	Agregat kasar (kg)	Air (kg)
Per m ³	453,49	689,04	1166,64	184,87
Perbandingan berat	1	1,52	2,57	0,41

Sumber : Data Hasil Penelitian

BAB V

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

5.1. Menghitung Nilai Kuat Tekan Riil Tiap Umur Pengujian

Mengacu pada komposisi campuran beton yang tertuang dalam BAB IV, kemudian dilaksanakan pembuatan benda uji beton dengan alat mixer/molen untuk tiap-tiap mutu campuran dengan jumlah benda uji yang telah ditentukan.

Benda uji beton tersebut kemudian direndam di dalam kolam sebagai perawatan (curing) untuk meminimalisir panas hidrasi yang ditimbulkan oleh reaksi kimia antara semen dengan air adukan beton.

Perawatan benda uji ini dilaksanakan sesuai umur, minimum 2 hari (untuk pengujian beton umur 3 hari) dan maksimum 27 hari (untuk pengujian beton umur 28 hari).

Benda uji beton diuji tiap umur tiap variasi mutu sebanyak masing-masing 4 buah benda uji. Benda uji ini diberikan perlakuan tekan untuk mendapatkan kuat tekan maksimum (kuat tekan hancur) dalam alat compression testing machine. Hasil dari pengujian ini adalah tekanan = beban = pressure = P yang dinyatakan dalam satuan Newton (N).

Contoh perhitungan kekuatan tekan riil :

Pengujian benda uji beton dengan menggunakan semen Holcim pada mutu $f'c$ 20 MPa pada umur 3 hari.

$P = 160 \text{ KN} \rightarrow 160000 \text{ N}$

$$f'_{ci} = \frac{P}{A}$$

$$= \frac{160000 \text{ N}}{17662,5 \text{ mm}^2}$$

$$= 9,06 \text{ MPa}$$

Dimana :

A = Luas permukaan penampang tekan

P = beban = pembacaan alat (N)

f'_{ci} = kuat tekan benda uji ke-i

Dengan cara yang sama, dilakukan perhitungan kuat tekan untuk semua sampel pada semua variasi. Berikut ini adalah tabel kuat tekan untuk semua sampel.

Tabel 5.1. Nilai Kuat Tekan Riil untuk Semua Sampel mutu f'_c 20 MPa

No.	Variasi Mutu	Kuat Tekan Riil (MPa)				
		3	7	14	21	28
1	f'c 20	9,06	11,32	13,59	18,97	20,67
2		9,06	13,31	14,44	18,12	21,23
3		10,47	11,32	16,42	19,25	19,82
4		9,34	11,61	14,72	18,12	20,10
Rata-rata		9,48	11,90	14,79	18,61	20,45

Tabel 5.2. Nilai Kuat Tekan Riil untuk Semua Sampel mutu f'_c 35 MPa

No.	Variasi Mutu	Kuat Tekan Riil (MPa)				
		3	7	14	21	28
1	f'c 35	10,47	16,14	20,10	26,89	29,16
2		11,89	16,42	22,65	25,48	27,18
3		12,17	18,12	22,65	25,48	29,44
4		12,17	17,27	23,78	24,91	26,04
Rata-rata		11,68	16,99	22,29	25,69	27,96

5.2. Pengujian Interval Kepercayaan

Data-data kuat tekan yang telah dikumpulkan kemudian diuji dengan pengujian interval kepercayaan, dimana tujuannya adalah untuk mencari kevalidan data yang telah didapatkan (*Sudjana, 2002; 496*).

Dalam pengujian ini, digunakan interval konfiden 95%. Hal ini berarti bahwa toleransi kesalahan yang diijinkan hanyalah sebesar 5%, sedangkan sisanya (95%) adalah data-data yang dapat dipercaya. Data-data yang tidak memenuhi syarat tersebut kemudian dibuang, sehingga tertinggal data-data valid yang siap untuk diuji secara statistik.

Dibawah ini adalah contoh pengujian interval kepercayaan untuk kuat tekan beton pada umur 3 hari pada mutu $f'c$ 20 MPa.

Tabel 5.3. Data Pengujian Kuat Tekan Umur 3 Hari Pada Mutu $f'c$ 20 MPa

No	Kuat Tekan (MPa)
1	9,06
2	9,06
3	10,47
4	9,34

Dari data kuat tekan pada tabel di atas kemudian dicari nilai :

- $\bar{X} = 9,48 \text{ MPa}$
- $$S = \sqrt{\frac{((9,06 - 9,48)^2 + (9,06 - 9,48)^2 + (10,47 - 9,48)^2 + (9,34 - 9,48)^2)}{4 - 1}}$$

$$= \sqrt{\frac{1,36}{3}} = 0,674$$
- $P = \frac{1}{2} (1 + 0,95) = 0,975$
- $dk = n - 1 = 4 - 1 = 3$

- $t_{0,975} = 3,182$

Dimana : X = Nilai rata-rata
 S = Standar deviasi
 P = Persentil
 n = Jumlah benda uji
 $t_{0,975}$ = nilai t pada persentil 0,975

Maka interval kepercayaannya adalah :

$$\begin{aligned}
 &= x - \left(t_{0,975} x \frac{s}{\sqrt{n}} \right) < \mu < x + \left(t_{0,975} x \frac{s}{\sqrt{n}} \right) \\
 &= 9,48 - \left(3,182 x \frac{0,674}{\sqrt{4}} \right) < \mu < 9,48 + \left(3,182 x \frac{0,674}{\sqrt{4}} \right) \\
 &= 9,48 - 1,072 < \mu < 9,48 + 1,072 \\
 &= 8,411 < \mu < 10,556
 \end{aligned}$$

Jadi, sesuai dengan range interval kepercayaan untuk kuat tekan di atas, maka data kuat tekan pada penggunaan semen holcim pada umur 3 hari yang tidak memenuhi syarat berjumlah 0 buah. Jadi semua data dapat digunakan untuk analisa lebih lanjut.

Tabel 5.4. Data Pengujian Kuat Tekan Umur 3 Hari Pada Mutu f'_c 20 MPa setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan

No	Kuat Tekan (MPa)
1	9,06
2	9,06
3	10,47
4	9,34

Dengan cara yang serupa kita dapat mencari interval kepercayaan untuk semua parameter dengan variasi umur beton yang berbeda pada setiap mutu. Di bawah ini adalah tabel interval kepercayaan untuk semua perhitungan.

Tabel 5.5. Interval Kepercayaan Kuat Tekan Beton $f'c$ 20 MPa

Umur pengujian	X	S	P	dk	$t_{0,975}$	Interval Kepercayaan
3	9,48	0,67	0,975	3	3,182	8,411 $< \mu <$ 10,556
7	11,89	0,95	0,975	3	3,182	10,817 $< \mu <$ 13,406
14	14,79	1,19	0,975	3	3,182	13,719 $< \mu <$ 16,680
21	18,61	0,58	0,975	3	3,182	17,541 $< \mu <$ 19,541
28	20,45	0,63	0,975	3	3,182	19,381 $< \mu <$ 21,542

Tabel 5.6. Interval Kepercayaan Kuat Tekan Beton $f'c$ 35 MPa

Umur pengujian	X	S	P	dk	$t_{0,975}$	Interval Kepercayaan
3	11,68	0,81	0,975	3	3,182	10,384 $< \mu <$ 12,971
7	16,99	0,90	0,975	3	3,182	15,691 $< \mu <$ 18,409
14	22,29	1,56	0,975	3	3,182	20,999 $< \mu <$ 24,770
21	25,69	0,85	0,975	3	3,182	24,369 $< \mu <$ 27,035
28	27,95	1,62	0,975	3	3,182	26,661 $< \mu <$ 30,539

Dari tabel interval kepercayaan di atas, kemudian dilakukan penyortiran data yang tidak memenuhi syarat range yang ditentukan oleh interval kepercayaan pada semua parameter.

5.3. Mencari Nilai Faktor Umur untuk Semen Holcim jenis PCC

Setelah dilakukan uji interval kepercayaan, maka data yang telah lolos uji dijadikan bahan untuk menentukan faktor umur pada beton menggunakan semen Holcim.

Dalam hal ini nilai kuat tekan beton sempurna digunakan kuat tekan pada umur 28 hari = 100%. Jadi kuat tekan pada umur 3, 7, 14, dan 21 hari

dibandingkan dengan kuat tekan beton umur 28 hari. Berikut ini adalah cara mencari nilai faktor umur pada beton mutu f'_c 20 dengan menggunakan semen Holcim.

Tabel 5.7. Nilai Kuat Tekan Riil mutu f'_c 20 MPa

No.	Variasi Mutu	Kuat Tekan Riil (MPa)				
		3	7	14	21	28
1	f'c 20	9,06	11,32	-	18,97	20,67
2		9,06	13,31	14,44	18,12	21,23
3		10,47	11,32	16,42	19,25	19,82
4		9,34	11,61	14,72	18,12	20,10
Rata-rata		9,48	11.89	15,19	18,61	20,45

- Faktor umur 3 hari = $\frac{\text{rata} - \text{rata kuat tekan 3 hari}}{\text{rata} - \text{rata kuat tekan 28 hari}}$

$$= \frac{9,48}{20,45}$$

$$= 0,46$$
- Faktor umur 7 hari = $\frac{\text{rata} - \text{rata kuat tekan 7 hari}}{\text{rata} - \text{rata kuat tekan 28 hari}}$

$$= \frac{11,89}{20,45}$$

$$= 0,58$$
- Faktor umur 14 hari = $\frac{\text{rata} - \text{rata kuat tekan 14 hari}}{\text{rata} - \text{rata kuat tekan 28 hari}}$

$$= \frac{15,19}{20,45}$$

$$= 0,74$$

- $$\begin{aligned} \text{Faktor umur 21 hari} &= \frac{\text{rata - rata kuat tekan 21 hari}}{\text{rata - rata kuat tekan 28 hari}} \\ &= \frac{18,61}{20,45} \\ &= 0,91 \end{aligned}$$
- $$\begin{aligned} \text{Faktor umur 28 hari} &= \frac{\text{rata - rata kuat tekan 28 hari}}{\text{rata - rata kuat tekan 28 hari}} \\ &= \frac{20,45}{20,45} \\ &= 1 \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas dapat ditabelkan nilai faktor umur untuk beton mutu $f'c$ 20 dengan menggunakan semen Holcim jenis PCC.

Tabel 5.8. Nilai faktor umur untuk beton mutu $f'c$ 20 dengan menggunakan semen Holcim jenis PCC

Umur Beton	Faktor Umur
3	0,46
7	0,58
14	0,74
21	0,91
28	1,00

Dengan cara yang sama dapat dicari nilai faktor umur untuk beton mutu $f'c$ 35 dengan menggunakan semen Holcim jenis PCC.

Tabel 5.9. Nilai faktor umur untuk beton mutu $f'c$ 35 dengan menggunakan semen Holcim jenis PCC

Umur Beton	Faktor Umur
3	0,41
7	0,59
14	0,81
21	0,90
28	1,00

5.4. Analisis Regresi

Data faktor umur yang telah didapat pada sub bab di atas dicari hubungan umur pengujian beton dengan faktor umurnya.

Untuk menganalisis hubungan tersebut, digunakan metode fungsi kuadratik (*Sudjana, 2002; 338*) sebagai regresi, dengan bentuk persamaan $\hat{Y} = a + bX + cX^2$. Dengan persamaan perhitungannya sebagai berikut :

$$\Sigma Y = na + b\Sigma X + c\Sigma X^2$$

$$\Sigma XY = a\Sigma X + b\Sigma X^2 + c\Sigma X^3$$

$$\Sigma X^2Y = a\Sigma X^2 + b\Sigma X^3 + c\Sigma X^4$$

Sebagai contoh, di bawah ini diambil data faktor umur untuk beton mutu $f'c$ 20 dengan menggunakan semen Holcim untuk diuji dengan regresi.

Dalam penelitian ini, nilai X adalah umur pengujian beton dan nilai Y adalah faktor umur beton.

Tabel 5.10. Daftar Nilai Yang Perlu Untuk Menentukan Regresi pada mutu $f'c$ 20 MPa

No	X	Y	Y ²	X ²	X ³	X ⁴	XY	X ² Y
1	3	0,464	0,215	9	27	81	1,391	4,173
2	7	0,581	0,338	49	343	2401	4,069	28,484
3	14	0,743	0,552	196	2744	38416	10,399	145,587
4	21	0,910	0,828	441	9261	194481	19,111	401,325
5	28	1,000	1,000	784	21952	614656	28,000	784,000
Total	73	3,698	2,933	1479	34327	850035	62,970	1363,570

Dari tabel 5.8. maka didapat persamaan :

$$3,698 = 5a + 73b + 1479c$$

$$62,970 = 73a + 1479b + 34327c$$

$$1363,570 = 1479a + 34327b + 850035c$$

Dari ketiga persamaan didapat :

$$a = 0,3684917$$

$$b = 0,0324907$$

$$c = -0,0003491$$

Maka persamaannya adalah :

$$\hat{Y} = -349 \times 10^{-6} x^2 + 325 \times 10^{-4} x + 368 \times 10^{-3}$$

Mencari koefisien determinasi (R^2) :

$$\begin{aligned} JK(b|a) &= \left(b \left\{ \sum XY - \frac{(\sum X)(\sum Y)}{n} \right\} \right) + \left(c \left\{ \sum X^2 Y - \frac{(\sum X^2)(\sum Y)}{n} \right\} \right) \\ &= \left(0,0324907 \left\{ 62,970 - \frac{73 \times 3,698}{5} \right\} \right) + \left(-0,0003491 \left\{ 1363,570 - \frac{1479 \times 3,698}{5} \right\} \right) \\ &= 0,29174 - 0,0941528 \\ &= 0,197588 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} JK(E) &= \sum Y^2 - \frac{(\sum Y)^2}{n} \\ &= 2,933 - \left(\frac{(3,698)^2}{5} \right) \\ &= 0,197965 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R^2 &= \frac{JK(b|a)}{JK(E)} \\ &= \frac{0,197588}{0,197965} \\ &= 0,998271 \end{aligned}$$

Sesuai dengan hasil analisis regresi secara manual, maka hubungan Faktor Umur dengan stabilitas menghasilkan persamaan $\hat{Y} = -349 \times 10^{-6} x^2 + 325 \times 10^{-4} + 368 \times 10^{-3}$.

dengan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,998. Hal ini berarti bahwa 99,8% perubahan nilai Faktor Umur dipengaruhi oleh umur pengujian sedangkan sisanya dipengaruhi oleh hal yang lain.

Pengujian analisis regresi ini juga dapat dilakukan dengan bantuan software MS Excel XP dengan ketelitian yang lebih baik.

Berikut ini adalah tabel perhitungan regresi kuadratik hubungan antara umur pengujian dengan faktor umur pada beton mutu $f'c$ 20 dan $f'c$ 35 MPa menggunakan semen Holcim dengan software MS Excel XP.

Tabel 5.11. Hasil analisi regresi hubungan antara umur pengujian dengan faktor umur pada beton mutu $f'c$ 20 dan $f'c$ 35 MPa menggunakan semen Holcim jenis PCC

Mutu	Persamaan	R^2
$f'c$ 20	$\hat{Y} = -349 \times 10^{-6} x^2 + 325 \times 10^{-4} + 368 \times 10^{-3}$	998×10^{-3}
$f'c$ 35	$\hat{Y} = -774 \times 10^{-6} x^2 + 466 \times 10^{-4} + 289 \times 10^{-3}$	992×10^{-3}

Dari persamaan pada tabel 5.9 dapat diprediksi faktor umur secara keseluruhan dengan cara memasukkan umur pengujian (sebagai nilai x) secara lengkap.

Tabel 5.12. Hasil prediksi faktor umur beton mutu f'_c 20 MPa dan f'_c 35 MPa untuk semua umur pengujian

Umur	Faktor Umur	
	f'_c 20	f'_c 35
3	0,46	0,42
4	0,49	0,46
5	0,52	0,50
6	0,55	0,54
7	0,58	0,58
8	0,61	0,61
9	0,63	0,65
10	0,66	0,68
11	0,68	0,71
12	0,71	0,74
13	0,73	0,76
14	0,75	0,79
15	0,78	0,81
16	0,80	0,84
17	0,82	0,86
18	0,84	0,88
19	0,86	0,90
20	0,88	0,91
21	0,90	0,93
22	0,91	0,94
23	0,93	0,95
24	0,95	0,96
25	0,96	0,97
26	0,98	0,98
27	0,99	0,98
28	1,00	0,99

5.5. Pengujian Hipotesis

Untuk menguji hipotesis penelitian yang ada pada bab I, maka dilakukan uji **Analisa Varian Satu Arah** untuk melihat apakah ada perbedaan nilai faktor umur pada penggunaan semen Holcim jeni PCC dengan faktor umur semen Tipe 1 (OPC).

Sebagai contoh, di bawah ini adalah contoh perhitungan analisa varian satu arah faktor umur beton f'_c 20 MPa menggunakan semen Holcim jenis PCC dengan faktor umur semen Tipe 1 (OPC).

5.5.1. Pengujian Hipotesis Faktor Umur Semen Holcim jenis PCC dengan semen Tipe 1 (OPC)

Tabel 5.13. Data Faktor Umur f'_c 20 MPa menggunakan semen Holcim jenis PCC dengan faktor umur semen Tipe 1 (OPC)

Variasi	Holcim jenis PCC	Tipe 1 OPC	Jumlah
Faktor Umur	0,46	0,40	0,86
	0,49	0,46	0,96
	0,52	0,53	1,05
	0,55	0,59	1,14
	0,58	0,65	1,23
	0,61	0,68	1,29
	0,63	0,72	1,35
	0,66	0,75	1,41
	0,68	0,78	1,46
	0,71	0,81	1,52
	0,73	0,85	1,58
	0,75	0,88	1,63
	0,78	0,89	1,67
	0,80	0,90	1,70
	0,82	0,91	1,73
	0,84	0,92	1,76
	0,86	0,93	1,79
	0,88	0,94	1,82
	0,90	0,95	1,85
	0,91	0,96	1,87
	0,93	0,96	1,90
	0,95	0,97	1,92
	0,96	0,98	1,94
	0,98	0,99	1,96
	0,99	0,99	1,98
	1,00	1,00	2,00
Jumlah	19,98	21,39	41,37
Banyak Pengamatan	26	26	52
Rata-rata	0,77	0,82	0,80

Selanjutnya diperlukan :

- Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) semua nilai pengamatan :

$$\sum Y^2 = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} Y_{ij}^2$$

- Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) untuk rata-rata :

$$R_y = \frac{J^2}{\sum_{i=1}^k n_i}$$

- Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) antar perlakuan :

$$P_y = \sum_{i=1}^k \left(\frac{J^2}{\sum_{i=1}^k n_i} \right) - R_y$$

- Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) dalam eksperimen :

$$E_y = \sum Y^2 - R_y - P_y$$

keterangan :

Y = Data-data pengamatan

n = Banyak pengamatan

J = Jumlah dari data-data pengamatan

k = Variasi perlakuan

dari tabel 5.13 di atas selanjutnya dihitung :

- Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) semua nilai pengamatan :

$$\begin{aligned} \sum Y^2 &= (0,46)^2 + (0,49)^2 + (0,52)^2 + \dots + (0,99)^2 + (0,99)^2 + (1,00)^2 \\ &= 34,41 \end{aligned}$$

- Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) untuk rata-rata :

$$R_y = \frac{41,37^2}{52} = \frac{1711,40}{52} = 32,91$$

- Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) antar perlakuan :

$$P_y = \left(\frac{19,98^2}{26} + \frac{21,39^2}{26} \right) - 32,91$$

$$= 32,95 - 32,91 = 0,04$$

- Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) dalam eksperimen :

$$E_y = 34,41 - 32,91 - 0,04 = 1,46$$

Setelah nilai-nilai di atas diperoleh maka disusunlah tabel analisa varian seperti di bawah ini.

Tabel 5.14. Tabel Analisa Varian untuk faktor umur beton dengan menggunakan semen Holcim jenis PCC pada mutu f'c 20 MPa

Sumber Variasi	dk	JK	KT
Rata-rata	1	34,41	34,41
Antar perlakuan	1	0,04	0,04
Dalam Perlakuan	50	1,46	0,03
Jumlah	52		

Nilai F dapat dicari dengan rumus : $F = \frac{KT (antar perlakuan)}{KT (kekeliruan)}$

$$F_{hitung} = \frac{0,04}{0,03} = 1,30$$

Dalam tabel I pada buku Metoda Statistika (*Sudjana, 2002; 496*), nilai $F_{tabel} (0.05 ; 1 ; 50) = 4,03$. Jadi nilai $F_{hitung} = 1,30 < F_{tabel} = 4,03$. Dengan demikian H_a ditolak dan H_0 diterima, yang berarti bahwa tidak terdapat perbedaan

secara signifikan antara faktor umur beton menggunakan semen Holcim jenis PCC pada mutu $f'c$ 20 MPa dengan faktor umur semen Tipe 1 (OPC).

Perhitungan analisa varian satu arah untuk mutu beton $f'c$ 35 Mpa dilakukan dengan cara yang sama seperti perhitungan analisa varian satu arah untuk mutu beton $f'c$ 20 Mpa.

Tabel 5.15. Data Faktor Umur $f'c$ 35 MPa menggunakan semen Holcim jenis PCC dengan faktor umur semen Tipe 1 (OPC)

Variasi	Holcim jenis PCC	Tipe 1 OPC	Jumlah
Faktor Umur	0,42	0,40	0,82
	0,46	0,46	0,93
	0,50	0,53	1,03
	0,54	0,59	1,13
	0,58	0,65	1,23
	0,61	0,68	1,30
	0,65	0,72	1,36
	0,68	0,75	1,43
	0,71	0,78	1,49
	0,74	0,81	1,55
	0,76	0,85	1,61
	0,79	0,88	1,67
	0,81	0,89	1,70
	0,84	0,90	1,74
	0,86	0,91	1,77
	0,88	0,92	1,80
	0,90	0,93	1,83
	0,91	0,94	1,85
	0,93	0,95	1,88
	0,94	0,96	1,90
	0,95	0,96	1,92
	0,96	0,97	1,93
	0,97	0,98	1,95
	0,98	0,99	1,96
	0,98	0,99	1,98
	0,99	1,00	1,99
Jumlah	20,35	21,39	41,74
Banyak Pengamatan	26	26	52
Rata-rata	0,78	0,82	0,80

Selanjutnya diperlukan :

- Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) semua nilai pengamatan :

$$\Sigma Y^2 = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} Y_{ij}^2$$

- Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) untuk rata-rata :

$$R_y = \frac{J^2}{\sum_{i=1}^k n_i}$$

- Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) antar perlakuan :

$$P_y = \sum_{i=1}^k \left(\frac{J^2}{\sum_{i=1}^k n_i} \right) - R_y$$

- Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) dalam eksperimen :

$$E_y = \Sigma Y^2 - R_y - P_y$$

keterangan :

Y = Data-data pengamatan

n = Banyak pengamatan

J = Jumlah dari data-data pengamatan

k = Variasi perlakuan

dari tabel 5.15 di atas selanjutnya dihitung :

- Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) semua nilai pengamatan :

$$\begin{aligned} \Sigma Y^2 &= (0,42)^2 + (0,46)^2 + (0,50)^2 + \dots + (0,99)^2 + (0,99)^2 + (1,00)^2 \\ &= 35,07 \end{aligned}$$

- Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) untuk rata-rata :

$$R_y = \frac{41,74^2}{52} = \frac{1741,59}{52} = 33,50$$

- Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) antar perlakuan :

$$P_y = \left(\frac{20,35^2}{26} + \frac{21,39^2}{26} \right) - 33,50$$

$$= 33,52 - 33,50 = 0,02$$

- Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) dalam eksperimen :

$$E_y = 35,07 - 33,50 - 0,02 = 1,55$$

Setelah nilai-nilai di atas diperoleh maka disusunlah tabel analisa varian seperti di bawah ini.

Tabel 5.16. Tabel Analisa Varian untuk faktor umur beton dengan menggunakan semen Holcim jenis PCC pada mutu f'c 35 MPa

Sumber Variasi	dk	JK	KT
Rata-rata	1	35,07	35,07
Antar perlakuan	1	0,02	0,02
Dalam Perlakuan	50	1,55	0,03
Jumlah	52		

Nilai F dapat dicari dengan rumus : $F = \frac{KT(\text{antar perlakuan})}{KT(\text{kekeliruan})}$

$$F_{\text{hitung}} = \frac{0,02}{0,03} = 0,66$$

Dalam tabel I pada buku Metoda Statistika (*Sudjana, 2002; 496*), nilai $F_{\text{tabel}} (0.05 ; 1 ; 50) = 4,03$. Jadi nilai $F_{\text{hitung}} = 0,66 < F_{\text{tabel}} = 4,03$. Dengan demikian H_a ditolak dan H_0 diterima, yang berarti bahwa tidak terdapat perbedaan

secara signifikan antara faktor umur beton menggunakan semen Holcim jenis PCC pada mutu f'_c 35 MPa dengan faktor umur semen Tipe 1 (OPC).

Hasil dari perhitungan analisa varian satu arah untuk mutu beton f'_c 20 Mpa dan 35 MPa selengkapnya ditabelkan seperti di bawah ini

Tabel 5.17. Analisa statistik untuk seluruh pengamatan

No	Parameter	F_{hitung}	F_{tabel}	H_a	H_o
1	Faktor umur f'_c 20	1,30	4,03	ditolak	diterima
2	Faktor umur f'_c 35	0,66	4,03	ditolak	diterima

5.5.2. Pengujian Hipotesis Faktor Umur Semen Holcim jenis PCC dengan Semen Gresik jenis PPC, semen Bosowa jenis PCC dan semen Tiga Roda jenis PCC

Setelah menguji hipotesis faktor umur perbedaan Semen Holcim jenis PCC dengan semen Tipe 1 (OPC), selanjutnya diuji hipotesis faktor umur perbedaan Semen Holcim dengan semen yang lain (Gresik jenis PPC, Bosowa jenis PCC dan semen Tiga Roda jenis PCC).

Tabel 5.18. Nilai Kuat Tekan Riil Semen Holcim jenis PCC, semen Gresik jenis PPC, semen Bosowa PCC dan semen Tiga Roda jenis PCC mutu f'c 20 MPa

Variasi Umur	Kuat Tekan Riil (MPa)			
	Holcim jenis PCC	Gresik jenis PPC	Bosowa jenis PCC	Tiga Roda jenis PCC
3	9,06	10,19	7,93	9,91
	9,06	10,76	7,93	11,89
	10,47	9,34	7,64	9,57
	9,34	10,19	8,21	9,91
7	11,32	13,31	10,76	14,15
	13,31	13,02	11,04	15,29
	11,32	13,31	11,61	13,87
	11,61	13,02	-	13,31
14	-	-	15,29	-
	14,44	16,42	14,72	19,53
	16,42	16,70	14,72	18,68
	14,72	16,99	15,00	19,53
21	18,97	18,68	-	20,95
	18,12	18,68	18,12	-
	19,25	18,97	17,83	21,51
	18,12	18,40	18,12	20,95
28	20,67	20,38	18,40	24,06
	21,23	19,25	18,97	20,95
	19,82	19,25	18,68	20,67
	20,10	20,10	18,40	22,08

Tabel 5.19. Nilai Kuat Tekan Riil Semen Holcim jenis PCC, semen Gresik jenis PPC, semen Bosowa PCC dan semen Tiga Roda jenis PCC mutu f'c 35 MPa

Variasi Umur	Kuat Tekan Riil (MPa)			
	Holcim jenis PCC	Gresik jenis PPC	Bosowa jenis PCC	Tiga Roda jenis PCC
3	10,47	14,72	15,00	16,70
	11,89	15,29	17,83	15,00
	12,17	14,15	18,12	15,57
	12,17	15,57	18,68	16,14
7	16,14	18,40	26,89	16,14
	16,42	18,40	23,78	16,42
	18,12	18,68	-	18,12
	17,27	18,97	26,61	17,27
14	-	24,91	27,46	24,35
	22,65	-	26,33	25,48
	22,65	24,91	27,18	26,89
	23,78	24,63	27,46	24,91
21	26,89	26,33	28,31	29,44
	25,48	-	28,87	28,31
	25,48	28,31	28,87	-
	24,91	28,03	28,59	28,87
28	29,16	29,72	31,14	30,01
	27,18	30,57	-	28,31
	29,44	29,44	33,12	28,87
	-	30,29	30,29	30,29

Tabel 5.20. Data Faktor Umur f'_c 20 MPa menggunakan semen Holcim jenis PCC dengan Penggunaan Semen Gresik jenis PPC, semen Bosowa jenis PCC dan semen Tiga Roda jenis PCC

Variasi	Holcim	Gresik	Bosowa	Tiga Roda	Jumlah
Faktor Umur	0,46	0,52	0,43	0,47	1,88
	0,49	0,56	0,47	0,52	2,04
	0,52	0,59	0,51	0,56	2,19
	0,55	0,63	0,55	0,61	2,34
	0,58	0,66	0,59	0,65	2,47
	0,61	0,69	0,63	0,68	2,61
	0,63	0,72	0,67	0,72	2,74
	0,66	0,75	0,70	0,75	2,85
	0,68	0,77	0,73	0,78	2,97
	0,71	0,80	0,76	0,81	3,08
	0,73	0,82	0,79	0,84	3,18
	0,76	0,84	0,82	0,86	3,28
	0,78	0,86	0,84	0,89	3,37
	0,80	0,88	0,87	0,91	3,45
	0,82	0,90	0,89	0,93	3,53
	0,84	0,92	0,91	0,94	3,61
	0,86	0,93	0,92	0,96	3,67
	0,88	0,94	0,94	0,97	3,73
	0,90	0,96	0,95	0,98	3,79
	0,91	0,97	0,97	0,99	3,83
	0,93	0,97	0,98	1,00	3,88
	0,95	0,98	0,99	1,00	3,91
	0,96	0,99	0,99	1,00	3,95
	0,98	0,99	1,00	1,00	3,97
	0,99	0,99	1,00	1,00	3,99
	1,01	1,00	1,01	0,99	4,00
Jumlah	19,98	21,62	20,90	21,80	84,31
Banyak Pengamatan	26	26	26	26	104
Rata-rata	0,77	0,83	0,80	0,84	3,24

Selanjutnya diperlukan :

➤ Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) semua nilai pengamatan :

$$\sum Y^2 = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{ni} Y_{ij}^2$$

- Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) untuk rata-rata :

$$R_y = \frac{J^2}{\sum_{i=1}^k n_i}$$

- Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) antar perlakuan :

$$P_y = \sum_{i=1}^k \left(\frac{J^2}{\sum_{i=1}^k n_i} \right) - R_y$$

- Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) dalam eksperimen :

$$E_y = \Sigma Y^2 - R_y - P_y$$

keterangan :

Y = Data-data pengamatan

n = Banyak pengamatan

J = Jumlah dari data-data pengamatan

k = Variasi perlakuan

dari tabel 5.20 di atas selanjutnya dihitung :

- Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) semua nilai pengamatan :

$$\begin{aligned} \Sigma Y^2 &= (0,46)^2 + (0,49)^2 + (0,52)^2 + \dots + (1,00^2) + (1,00^2) + (0,99^2) \\ &= 71,22 \end{aligned}$$

- Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) untuk rata-rata :

$$R_y = \frac{84,31^2}{104} = \frac{7107,40}{104} = 68,34$$

- Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) antar perlakuan :

$$P_y = \left(\frac{19,98^2}{26} + \frac{21,62^2}{26} + \frac{20,90^2}{26} + \frac{21,80^2}{26} \right) - 68,34$$

$$= 68,42 - 68,34 = 0,08$$

- Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) dalam eksperimen :

$$E_y = 71,22 - 68,34 - 0,08 = 2,80$$

Setelah nilai-nilai di atas diperoleh maka disusunlah tabel analisa varian seperti di bawah ini.

Tabel 5.21. Tabel Analisa Varian untuk faktor umur beton menggunakan semen Holcim jenis PCC dengan Penggunaan Semen Gresik jenis PPC, semen Bosowa jenis PCC dan semen Tiga Roda jenis PCC f'c 20 MPa

Sumber Variasi	dk	JK	KT
Rata-rata	1	71,22	71,22
Antar perlakuan	3	0,08	0,026
Dalam Perlakuan	100	2,80	0,028
Jumlah	104		

Nilai F dapat dicari dengan rumus : $F = \frac{KT(\text{antar perlakuan})}{KT(\text{kekeliruan})}$

$$F_{\text{hitung}} = \frac{0,026}{0,028} = 0,94$$

Dalam tabel I pada buku Metoda Statistika (Sudjana, 2002; 496), nilai $F_{\text{tabel}} (0.05 ; 3 ; 100) = 2,70$. Jadi nilai $F_{\text{hitung}} = 0,94 < F_{\text{tabel}} = 2,70$. Dengan demikian H_a ditolak dan H_o diterima, yang berarti bahwa tidak terdapat perbedaan secara signifikan antara faktor umur beton menggunakan semen

Holcim jenis PCC dengan Penggunaan semen Gresik jenis PPC, semen Bosowa jenis PCC dan semen Tiga Roda jenis PCC pada mutu $f'c$ 20 Mpa.

Tabel 5.22. Data Faktor Umur $f'c$ 35 MPa menggunakan semen Holcim jenis PCC dengan Penggunaan Semen Gresik jenis PPC, semen Bosowa jenis PCC dan semen Tiga Roda jenis PCC

Variasi	Holcim	Gresik	Bosowa	Tiga Roda	Jumlah
Faktor Umur	0,42	0,49	0,61	0,50	2,03
	0,46	0,53	0,64	0,54	2,17
	0,50	0,56	0,67	0,58	2,31
	0,54	0,60	0,70	0,61	2,45
	0,58	0,63	0,72	0,65	2,58
	0,61	0,66	0,75	0,68	2,70
	0,65	0,69	0,77	0,71	2,82
	0,68	0,72	0,80	0,74	2,93
	0,71	0,74	0,82	0,77	3,04
	0,74	0,77	0,84	0,79	3,14
	0,76	0,79	0,85	0,82	3,23
	0,79	0,81	0,87	0,84	3,32
	0,81	0,84	0,89	0,86	3,40
	0,84	0,86	0,90	0,89	3,48
	0,86	0,87	0,92	0,90	3,55
	0,88	0,89	0,93	0,92	3,62
	0,90	0,91	0,94	0,94	3,68
	0,91	0,92	0,95	0,95	3,74
	0,93	0,94	0,96	0,96	3,79
	0,94	0,95	0,96	0,98	3,83
	0,95	0,96	0,97	0,99	3,87
	0,96	0,97	0,97	0,99	3,90
	0,97	0,98	0,98	1,00	3,93
	0,98	0,99	0,98	1,01	3,95
	0,98	0,99	0,98	1,01	3,96
	0,99	1,00	0,98	1,01	3,97
Jumlah	20,35	21,06	22,32	21,64	85,38
Banyak Pengamatan	26	26	26	26	104
Rata-rata	0,78	0,81	0,86	0,83	3,28

Selanjutnya diperlukan :

- Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) semua nilai pengamatan :

$$\Sigma Y^2 = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} Y_{ij}^2$$

- Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) untuk rata-rata :

$$R_y = \frac{J^2}{\sum_{i=1}^k n_i}$$

- Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) antar perlakuan :

$$P_y = \sum_{i=1}^k \left(\frac{J^2}{\sum_{i=1}^k n_i} \right) - R_y$$

- Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) dalam eksperimen :

$$E_y = \Sigma Y^2 - R_y - P_y$$

keterangan :

Y = Data-data pengamatan

n = Banyak pengamatan

J = Jumlah dari data-data pengamatan

k = Variasi perlakuan

dari tabel 5.22 di atas selanjutnya dihitung :

- Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) semua nilai pengamatan :

$$\begin{aligned} \Sigma Y^2 &= (0,42)^2 + (0,46)^2 + (0,50)^2 + \dots + (1,01^2) + (1,01^2) + (1,01^2) \\ &= 72,57 \end{aligned}$$

- Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) untuk rata-rata :

$$R_y = \frac{85,38^2}{104} = \frac{7289,64}{104} = 70,09$$

- Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) antar perlakuan :

$$P_y = \left(\frac{20,35^2}{26} + \frac{21,06^2}{26} + \frac{22,32^2}{26} + \frac{21,64^2}{26} \right) - 70,09$$

$$= 70,17 - 70,09 = 0,08$$

- Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) dalam eksperimen :

$$E_y = 72,57 - 70,09 - 0,08 = 2,40$$

Setelah nilai-nilai di atas diperoleh maka disusunlah tabel analisa varian seperti di bawah ini.

Tabel 5.23. Tabel Analisa Varian untuk faktor umur beton menggunakan semen Holcim jenis PCC dengan Penggunaan Semen Gresik jenis PPC, semen Bosowa jenis PCC dan semen Tiga Roda jenis PCC f'c 35 MPa

Sumber Variasi	dk	JK	KT
Rata-rata	1	72,57	72,57
Antar perlakuan	3	0,08	0,03
Dalam Perlakuan	100	2,40	0,02
Jumlah	104		

Nilai F dapat dicari dengan rumus : $F = \frac{KT(\text{antar perlakuan})}{KT(\text{kekeliruan})}$

$$F_{\text{hitung}} = \frac{0,03}{0,02} = 1,13$$

Dalam tabel I pada buku Metoda Statistika (*Sudjana, 2002; 496*), nilai $F_{\text{tabel}} (0,05 ; 3 ; 100) = 2,70$. Jadi nilai $F_{\text{hitung}} = 1,13 < F_{\text{tabel}} = 2,70$. Dengan

demikian H_a ditolak dan H_0 diterima, yang berarti bahwa tidak terdapat perbedaan secara signifikan antara faktor umur beton menggunakan semen Holcim jenis PCC dengan Penggunaan semen Gresik jenis PPC, semen Bosowa jenis PCC dan semen Tiga Roda jenis PCC pada mutu $f'c$ 35 Mpa.

Hasil dari perhitungan analisa varian satu arah untuk mutu beton $f'c$ 20 Mpa dan 35 MPa selengkapnya ditabelkan seperti di bawah ini.

Tabel 5.24. Hasil Analisa Statistik Perbedaan Semen Holcim jenis PCC dengan semen Gresik jenis PPC, semen Bosowa jenis PCC dan semen Tiga Roda jenis PCC

No	Parameter	F_{hitung}	F_{tabel}	H_a	H_0
1	Faktor umur Mutu $f'c$ 20	0,94	2,70	ditolak	diterima
2	Faktor umur Mutu $f'c$ 35	1,13	2,70	ditolak	diterima

5.6. Distribusi t atau Uji t

5.6.1. Perbedaan Masing masing Umur Beton pada Penggunaan semen Holcim jenis PCC dengan semen tipe 1 OPC

Dari pengujian distribusi t, dapat dilihat perbedaan faktor umur beton pada masing masing umur pengujian.

Berikut ini adalah contoh perhitungan untuk faktor umur 3 hari :

$$t_h = \frac{x - \mu}{\frac{s}{\sqrt{n}}}$$

dimana :

t_h = Nilai t dihitung

x = Rata-rata Sampel

- μ_0 = Faktor umur Semen OPC (3 hari)
 s = Standart Deviasi Sample
 n = Jumlah Sampel

Tabel 5.25. Tabel nilai yang perlu untuk mencari nilai t hitung pada umur perbandingan 3 hari

No	Faktor Umur Semen Holcim jenis PCC	Faktor Umur Semen Tipe 1 OPC
1	0,44	0,40
2	0,44	
3	0,51	
4	0,46	
Rata-rata	0,46	

$$\begin{aligned}
 t_h &= \frac{x - \mu}{\frac{s}{\sqrt{n}}} \\
 &= \frac{0,46 - 0,40}{\frac{0,03}{\sqrt{4}}} \\
 &= \frac{0,06}{\frac{0,03}{\sqrt{2}}} \\
 &= \mathbf{3,86}
 \end{aligned}$$

Dalam tabel Statistika distribusi t , nilai $t_{\text{tabel}} (0.05 ; 6) = 1,94$. Jadi nilai $t_{\text{hitung}} = 3,86 > T_{\text{tabel}} = 1,94$. Dengan demikian H_a diterima dan H_o ditolak, yang berarti bahwa terdapat perbedaan secara signifikan antara faktor umur 3 hari beton menggunakan semen Holcim jenis PCC dengan faktor umur semen tipe 1 OPC pada mutu $f'c$ 20 Mpa.

Perhitungan t hitung ini dapat juga dilakukan dengan bantuan software Microsoft Excel XP, dan hasil dari perhitungan tersebut selengkapnya ditabelkan seperti di bawah ini.

Tabel 5.26. Hasil Analisa Perhitungan t Hitung pada Penggunaan semen Holcim jenis PCC dengan semen Tipe 1 OPC

Mutu	Umur (hari)	t_{hitung}	t_{tabel}	H_a	H_0
f'c 20	3	3,86	1,94	diterima	ditolak
	7	2,95	1,94	diterima	ditolak
	14	5,40	1,94	diterima	ditolak
	21	2,80	1,94	diterima	ditolak
	28	0,00	1,94	ditolak	diterima
f'c 35	3	1,22	1,94	ditolak	diterima
	7	2,65	1,94	diterima	ditolak
	14	2,96	1,94	diterima	ditolak
	21	2,05	1,94	diterima	ditolak
	28	0,00	1,94	ditolak	diterima

5.6.2. Perbedaan Masing masing Umur Beton pada Penggunaan semen Holcim jenis PCC dengan Semen Gresik jenis PPC, semen Bosowa jenis PCC dan semen Tiga Roda jenis PCC

Dengan cara yang sama dengan sub bab di atas, dilakukan uji t perbedaan faktor umur pada masing-masing umur pengujian antara semen Holcim jenis PCC dengan Semen Gresik jenis PPC, semen Bosowa jenis PCC dan semen Tiga Roda jenis PCC.

Tabel 5.27. Hasil Analisa Perhitungan t Hitung pada Penggunaan semen Holcim jenis PCC dengan semen Gresik PPC

Mutu	Umur (hari)	t_{hitung}	t_{tabel}	H_a	H_0
f'c 20	3	2,20	1,94	diterima	ditolak
	7	3,56	1,94	diterima	ditolak
	14	2,54	1,94	diterima	ditolak
	21	2,40	1,94	diterima	ditolak
	28	0,11	1,94	ditolak	diterima
f'c 35	3	4,46	1,94	diterima	ditolak
	7	0,76	1,94	ditolak	diterima
	14	0,35	1,94	ditolak	diterima
	21	0,18	1,94	ditolak	diterima
	28	0	1,94	ditolak	diterima

Tabel 5.28. Hasil Analisa Perhitungan t Hitung pada Penggunaan semen Holcim jenis PCC dengan semen Bosowa jenis PCC

Mutu	Umur (hari)	t_{hitung}	t_{tabel}	H_a	H_0
f'c 20	3	2,15	1,94	diterima	ditolak
	7	0,10	1,94	ditolak	diterima
	14	2,64	1,94	diterima	ditolak
	21	2,19	1,94	diterima	ditolak
	28	0	1,94	ditolak	diterima
f'c 35	3	5,24	1,94	diterima	ditolak
	7	3,21	1,94	diterima	ditolak
	14	3,62	1,94	diterima	ditolak
	21	2,29	1,94	diterima	ditolak
	28	0	1,94	ditolak	diterima

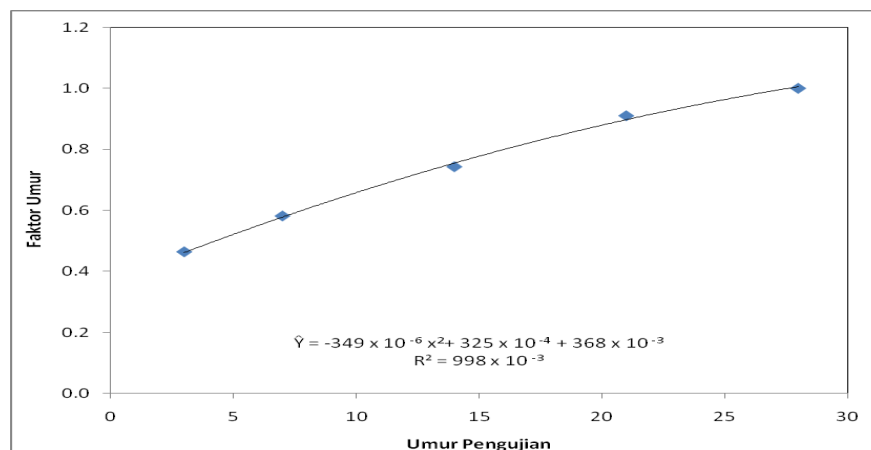
Tabel 5.29. Hasil Analisa Perhitungan t Hitung pada Penggunaan semen Holcim jenis PCC dengan semen Tiga Roda jenisn PCC

Mutu	Umur (hari)	t_{hitung}	t_{tabel}	H_a	H_0
f'c 20	3	0,23	1,94	ditolak	diterima
	7	2,12	1,94	diterima	ditolak
	14	2,17	1,94	diterima	ditolak
	21	0,19	1,94	ditolak	diterima
	28	0	1,94	ditolak	diterima
f'c 35	3	6,38	1,94	diterima	ditolak
	7	1,32	1,94	ditolak	diterima
	14	2,01	1,94	diterima	ditolak
	21	1,05	1,94	ditolak	diterima
	28	0	1,94	ditolak	diterima

5.7. Pembahasan

Dari pengujian analisis regresi, dapat dilihat *trend* dari grafik yang dihasilkan dari titik-titik yang telah dihubungkan. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat diulas hal-hal sebagai berikut.

a. Faktor Umur f'c 20 MPa menggunakan semen Holcim jenis PCC



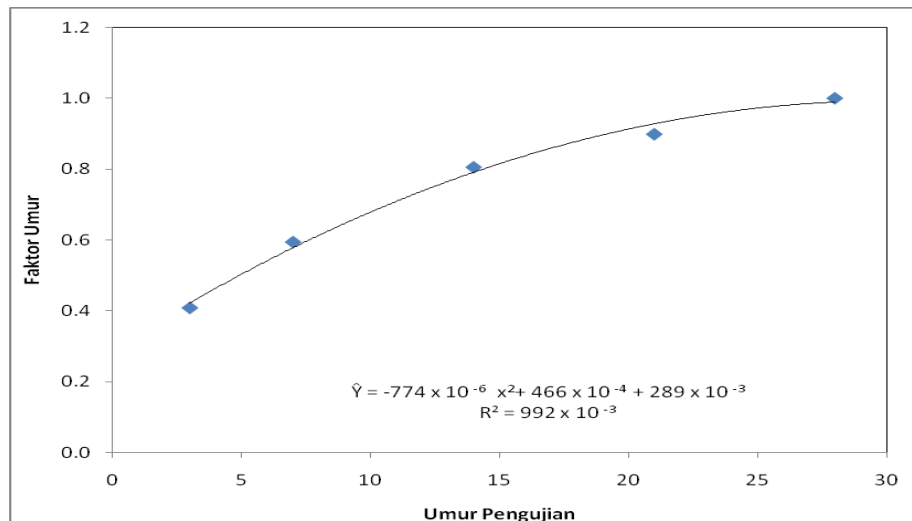
Gambar 5.1. Grafik Hubungan antara Umur Pengujian dengan Faktor Umur beton f'c 20 MPa menggunakan semen Holcim jenis PCC

Terjadi kenaikan nilai faktor umur akibat bertambahnya umur pengujian. Kenaikan nilai faktor umur ini diakibatkan oleh bertambahnya umur pengujian. Semakin bertambahnya umur pengujian maka campuran akan semakin kuat karena proses hidrasi telah sempurna.

Dari uji hipotesis didapatkan $F_{hitung} = 1,30$ yang lebih kecil dari $F_{tabel} = 4,03$, maka H_0 diterima dan H_a ditolak yang berarti bahwa tidak terdapat perbedaan secara signifikan antara faktor umur beton menggunakan semen Holcim jenis PCC pada mutu $f'c$ 20 MPa dengan faktor umur semen Tipe 1 (OPC).

Sedang berdasarkan analisa regresi maka didapatkan persamaan $\hat{Y} = -349 \times 10^{-6} x^2 + 325 \times 10^{-4} + 368 \times 10^{-3}$ dengan koefisien determinasi $R^2 = 998 \times 10^{-3}$ maka dapat dikatakan bahwa sebanyak **99,8%** nilai faktor umur yang dihasilkan dipengaruhi oleh umur pengujian, dan sisanya dipengaruhi oleh faktor lain. Jadi umur pengujian mempengaruhi nilai faktor umur.

b. Faktor Umur f'c 35 MPa menggunakan semen Holcim jenis PCC



Gambar 5.2. Grafik Hubungan antara Umur Pengujian dengan Faktor Umur beton f'c 35 MPa menggunakan semen Holcim jenis PCC

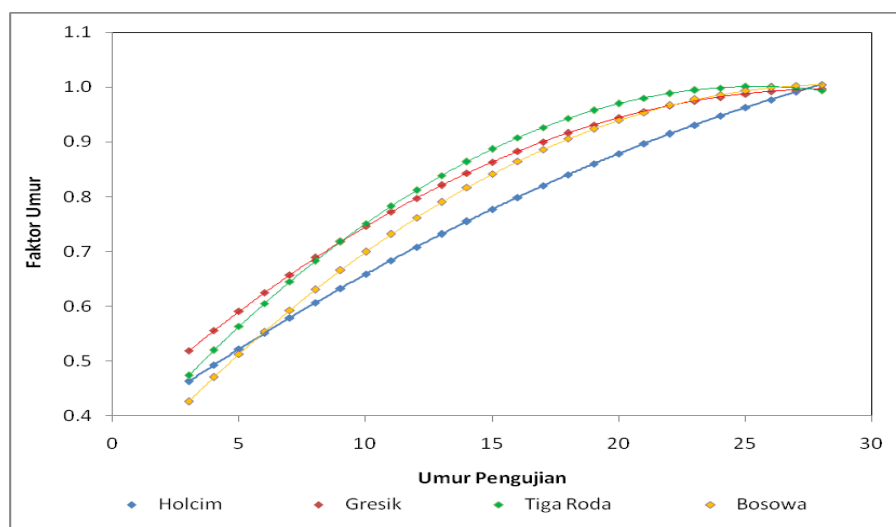
Terjadi kenaikan nilai faktor umur akibat bertambahnya umur pengujian. Kenaikan nilai faktor umur ini diakibatkan oleh bertambahnya umur pengujian. Semakin bertambahnya umur pengujian maka campuran akan semakin kuat karena proses hidrasi telah sempurna.

Dari uji hipotesis didapatkan $F_{hitung} = 0,66$ yang lebih kecil dari $F_{tabel} = 4,03$, maka H_0 diterima dan H_a ditolak yang berarti bahwa tidak terdapat perbedaan secara signifikan antara faktor umur beton menggunakan semen Holcim jenis PCC pada mutu f'c 35 MPa dengan faktor umur semen Tipe 1 (OPC).

Sedang berdasarkan analisa regresi maka didapatkan persamaan $\hat{Y} = -774 \times 10^{-6} x^2 + 466 \times 10^{-4} x + 289 \times 10^{-3}$ dengan koefisien determinasi $R^2 = 992 \times 10^{-3}$ maka dapat dikatakan bahwa sebanyak **99,2%** nilai faktor umur yang

dihasilkan dipengaruhi oleh umur pengujian, dan sisanya dipengaruhi oleh faktor lain. Jadi umur pengujian mempengaruhi nilai faktor umur.

c. Faktor Umur f'_c 20 MPa menggunakan semen Holcim jenis PCC dan semen Gresik jenis PPC, semen Bosowa jenis PCC dan semen Tiga Roda jenis PCC



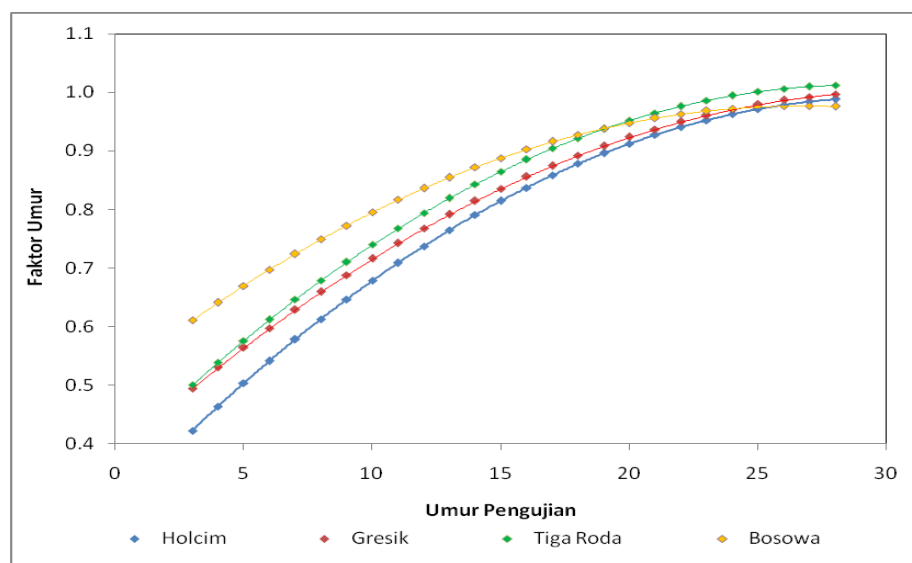
Gambar 5.3. Grafik Hubungan antara Umur Pengujian dengan Faktor Umur beton f'_c 20 MPa menggunakan semen Holcim jenis PCC dengan semen Gresik jenis PPC, semen Bosowa jenis PCC dan semen Tiga Roda jenis PCC

Terjadi kenaikan nilai faktor umur akibat bertambahnya umur pengujian. Kenaikan nilai faktor umur ini diakibatkan oleh bertambahnya umur pengujian. Semakin bertambahnya umur pengujian maka campuran akan semakin kuat karena proses hidrasi telah sempurna.

Dari uji hipotesis didapatkan $F_{hitung} = 0,94$ yang lebih kecil dari $F_{tabel} = 2,70$ maka H_0 diterima dan H_a ditolak yang berarti bahwa terdapat perbedaan secara signifikan antara faktor umur beton menggunakan semen Holcim jenis

PCC pada mutu f'_c 20 MPa dengan faktor umur yang dihasilkan semen Gresik jenis PPC, Bosowa jenis PCC dan semen Tiga Roda jenis PCC.

d. Faktor Umur f'_c 35 MPa menggunakan semen Holcim jenis PCC dan semen Gresik jenis PPC, semen Bosowa jenis PCC dan semen Tiga Roda jenis PCC



Gambar 5.4. Grafik Hubungan antara Umur Pengujian dengan Faktor Umur beton f'_c 35 MPa menggunakan semen Holcim jenis PCC dengan semen Gresik jenis PPC, semen Bosowa jenis PCC dan semen Tiga Roda jenis PCC

Terjadi kenaikan nilai faktor umur akibat bertambahnya umur pengujian. Kenaikan nilai faktor umur ini diakibatkan oleh bertambahnya umur pengujian. Semakin bertambahnya umur pengujian maka campuran akan semakin kuat karena proses hidrasi telah sempurna.

Dari uji hipotesis didapatkan $F_{hitung} = 1,13$ yang lebih kecil dari $F_{tabel} = 2,70$ maka H_0 diterima dan H_a ditolak yang berarti bahwa tidak terdapat perbedaan secara signifikan antara faktor umur beton menggunakan semen Holcim pada

mutu $f'c$ 35 MPa dengan faktor umur yang dihasilkan semen Gresik jenis PPC, Bosowa jenis PCC dan semen Tiga Roda jenis PCC.

5.8. Pembahasan Umum

- a. Secara umum faktor umur yang dihasilkan dari penggunaan semen Holcim jenis PCC tidak berbeda secara nyata dengan faktor semen Tipe 1 (OPC) pada beton mutu $f'c$ 20, dibuktikan melalui uji hipotesis dengan nilai $F_{hitung} = 1,30 < F_{tabel} = 4,03$ dan pada beton mutu $f'c$ 35 dibuktikan melalui uji hipotesis dengan nilai $F_{hitung} = 0,66 < F_{tabel} = 4,03$. Dalam hal ini H_0 diterima dan H_a ditolak.

Tabel 5.30. Nilai faktor umur beton mutu $f'c$ 20 semen Holcim jenis PCC dengan semen Tipe 1 (OPC)

Umur Beton	Faktor Umur Semen Holcim PCC	Faktor Umur Semen Tipe 1 (OPC)	Selisih
3	0,46	0,40	15,00 %
7	0,58	0,65	-10,77 %
14	0,74	0,88	-15,91 %
21	0,91	0,95	- 4,21 %
28	1,00	1,00	0,00 %

Tabel 5.31. Nilai faktor umur beton mutu $f'c$ 35 semen Holcim jenis PCC dengan semen Tipe 1 (OPC)

Umur Beton	Faktor Umur Semen Holcim PCC	Faktor Umur Semen Tipe 1 (OPC)	Selisih
3	0,41	0,40	2,50 %
7	0,59	0,65	-9,23 %
14	0,81	0,88	-7,95 %
21	0,90	0,95	-5,26 %
28	1,00	1,00	0,00 %

- b. Faktor umur yang dihasilkan dari penggunaan semen Holcim jenis PCC tidak berbeda secara nyata dengan faktor umur menggunakan semen Gresik jenis PPC, Bosowa jenis PCC dan semen Tiga Roda jenis PCC pada beton mutu $f'c$ 20

dibuktikan melalui uji hipotesis dengan nilai $F_{hitung} = 0,94 < F_{tabel} = 2,70$ dan pada beton mutu $f'c$ 35 MPa tidak berbeda secara nyata, dibuktikan melalui uji hipotesis dengan nilai $F_{hitung} = 1,13 < F_{tabel} = 2,70$. Dalam hal ini H_0 diterima dan H_a ditolak.

Tabel 5.32. Nilai faktor umur beton untuk mutu $f'c$ 20 Semen Holcim jenis PCC dengan semen Gresik jenis PPC, semen Bosowa jenis PCC dan semen Tiga Roda jenis PCC

Umur Beton	Faktor Umur Holcim PCC	Faktor Umur Gresik PPC	Faktor Umur Bosowa PCC	Faktor Umur Tiga Roda PCC
3	0,46	0,51	0,43	0,47
7	0,58	0,67	0,60	0,65
14	0,74	0,85	0,80	0,88
21	0,91	0,95	0,97	0,96
28	1,00	1,00	1,00	1,00

Tabel 5.33. Nilai faktor umur beton untuk mutu $f'c$ 35 Semen Holcim jenis PCC dengan semen Gresik jenis PPC, semen Bosowa jenis PCC dan semen Tiga Roda jenis PCC

Umur Beton	Faktor Umur Holcim PCC	Faktor Umur Gresik PPC	Faktor Umur Bosowa PCC	Faktor Umur Tiga Roda PCC
3	0,41	0,50	0,55	0,54
7	0,59	0,62	0,82	0,58
14	0,81	0,83	0,86	0,87
21	0,90	0,93	0,91	0,98
28	1,00	1,00	1,00	1,00

- c. Nilai faktor umur yang dihasilkan dari penggunaan semen Holcim tidak berbeda nyata dengan faktor umur semen OPC jika ditinjau dari semua umur pengujian (3, 7, 14, 21, 28 hari). Hal ini dikarenakan range angka faktor umur yang cukup besar yaitu bekisar antara 0,40 sampai 1,01. Namun jika dibandingkan pada masing-masing umur, hasil dari pengujian kebanyakan berbeda nyata. Hal ini dikarenakan range angka faktor umur yang sempit.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

Dari keseluruhan rangkaian penelitian yang telah dilakukan, dapat direkomendasikan hal-hal sebagai berikut :

- a. Tidak ada perbedaan secara nyata antara faktor umur yang dihasilkan dari penggunaan semen Holcim jenis PCC dengan faktor umur semen Tipe 1 (OPC). Hal ini dibuktikan melalui uji hipotesis yang menghasilkan nilai $F_{hitung} = 1,30 < F_{tabel} = 4,03$ pada beton mutu $f'c$ 20, dan pada beton mutu $f'c$ 35 menghasilkan nilai $F_{hitung} = 0,66 < F_{tabel} = 4,03$. Dalam hal ini H_0 diterima dan H_a ditolak.
- b. Tidak ada perbedaan secara nyata antara faktor umur yang dihasilkan dari penggunaan semen Holcim jenis PCC dengan faktor umur yang dihasilkan dari penggunaan semen lain (Gresik jenis PPC, Bosowa PCC dan semen Tiga Roda jenis PCC). Hal ini dibuktikan melalui uji hipotesis yang menghasilkan nilai $F_{hitung} = 0,94 < F_{tabel} = 2,70$ pada beton mutu $f'c$ 20, dan pada beton mutu $f'c$ 35 menghasilkan nilai $F_{hitung} = 1,13 < F_{tabel} = 2,70$. Dalam hal ini H_0 diterima dan H_a ditolak.

6.2. Saran

Karena keterbatasan waktu penelitian, maka untuk penelitian selanjutnya penulis dapat menyarankan hal-hal sebagai berikut :

1. Agregat merupakan elemen yang rentan oleh perubahan suhu, dan akan menyebabkan setiap parameternya mudah berubah (kadar air, berat jenis, berat isi), dan pada akhirnya mix desain tidak sesuai dengan kondisi lapangan. Oleh karena itu untuk penelitian selanjutnya perlu dilakukan lebih seksama.
2. Sampel pada penelitian ini masing-masing variasi umur pengujian hanya terbatas 4 benda uji. Hal ini dikarenakan kapasitas molen/mixer yang terbatas. Untuk penelitian selanjutnya disarankan untuk menambah jumlah sampel sehingga hasil dari penelitian semakin akurat.
3. Dewasa ini untuk memprediksi kekuatan tekan beton mulai digunakan sistem *maturity method*, dimana cara menghitungnya lain dari cara menghitung beton dengan menggunakan faktor umur. Alangkah baiknya jika penelitian selanjutnya menggunakan metode ini untuk memprediksi kekuatan tekan beton pada umur muda.

DAFTAR GRAFIK

4.1. Kurva Hubungan Kekuatan Tekan W/C (Mutu f'_c 20 MPa)	38
4.2. Penentuan Prosentase Agregat Halus Untuk Diameter Maksimum 40 mm (Mutu f'_c 20 MPa)	41
4.3. Perkiraan Berat Jenis Beton Segar (Mutu f'_c 20 MPa)	42
4.4. Kurva Hubungan Kekuatan Tekan W/C (Mutu f'_c 35 MPa)	46
4.5. Penentuan Prosentase Agregat Halus Untuk Diameter Maksimum 40 mm (Mutu f'_c 35 MPa).....	49
4.6. Perkiraan Berat Jenis Beton Segar (Mutu f'_c 35 MPa)	50
5.1. Grafik Hubungan Antara Umur Pengujian Dengan Faktor Umur Beton f'_c 20 MPa Menggunakan Semen Holcim Jenis PCC	83
5.2. Grafik Hubungan Antara Umur Pengujian Dengan Faktor Umur Beton f'_c 35 MPa Menggunakan Semen Holcim Jenis PCC	85
5.3. Grafik Hubungan antara Umur Pengujian dengan Faktor Umur beton f'_c 20 MPa menggunakan semen Holcim jenis PCC dengan semen Gresik jenis PPC, semen Bosowa jenis PCC dan semen Tiga Roda jenis PCC	86
5.4. Grafik Hubungan antara Umur Pengujian dengan Faktor Umur beton f'_c 35 MPa menggunakan semen Holcim jenis PCC dengan semen Gresik jenis PPC, semen Bosowa jenis PCC dan semen Tiga Roda jenis PCC	87

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : **EKO CAHYONO**
NIM : **10.21.041**
Jurusan : **Teknik Sipil S-1**
Fakultas : **Teknik Sipil dan Perencanaan**

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi saya yang berjudul :

**STUDI PENELITIAN "PERKIRAAN FAKTOR UMUR BETON PADA
PEMAKAIAN SEMEN HOLCIM UNTUK MUTU BETON f'_c 20 MPa
DAN f'_c 35 MPa"**

Adalah hasil karya sendiri, dan bukan duplikat serta tidak mengutip atau menyadur seluruhnya dari hasil karya orang lain, kecuali yang disebut dari sumber aslinya dan tercantum dalam daftar pustaka.

Pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, dan tanpa ada paksaan dari pihak manapun.

Malang, 10 Maret 2016
Yang membuat pernyataan,

EKO CAHYONO

LEMBAR PENGESAHAN

**STUDI PENELITIAN "PERKIRAAN FAKTOR UMUR BETON PADA
PEMAKAIAN SEMEN HOLCIM UNTUK MUTU BETON F'c 20 Mpa
DAN F'c 35 MPa "**

SKRIPSI

Dipertahankan di hadapan Dewan Penguji Ujian Skripsi Jenjang Strata Satu (S1)

Pada hari : Kamis, 10 Maret 2016

Dan diterima untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar

Sarjana Teknik Sipil S-1

Disusun oleh :

EKO CAHYONO

NIM : 10.21.041

Disahkan oleh :

Panitia Ujian,

Ketua

Sekretaris

(Ir. A. AGUS SANTOSA, MT)

(Ir. MUNASIH, MT)

Anggota Penguji,

Penguji I

Penguji II

(Ir. BAMBANG WEDYANTADJI, MT)

(Ir. ESTER PRISKASARI, MT)

**JURUSAN TEKNIK SIPIL S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2016**

DAFTAR PUSTAKA

Anonim, (1971). "*Peraturan Beton Bertulang Indonesia*". Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan.

Anonim (1994). *Standart Nasional Indonesia "Semen Portland"*.

Candra Irawan, (2012). *Studi Penelitian Prediksi Kuat Tekan Beton Berbahan Campuran Fly Ash dengan Perawatan Uap Menggunakan Metode Kematangan*, Jurusan Teknik Sipil FTSP ITS.

Kartini Jurusan, (2009). *Studi Penelitian Pengaruh Umur Beton Terhadap Nilai Kuat Tekan Beton dengan Menggunakan Limbah Karbit 5% Dan Fly Ash 5% Sebagai Bahan Pengganti Sebagian Semen*, Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Paul Nugraha, (2004). "*Teknologi Beton*" Dari Material, Pembuatan, Ke Beton Kinerja Tinggi.

R. Arianto, (2013). *Kuat Tekan Beton Dan Waktu Ikat Semen Portland Pozzolan*, Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Riau

Supranto. J, (2001), *Statistik Teori dan Aplikasi*, Edisi ke Enam Jilid Dua, Jakarta : PT. Gelora Aksara Pratama.

Subakti, Aman (1994). *Teknologi Beton Dalam Praktek*, Surabaya : Divisi Percetakan, Jurusan Teknik Sipil FTSP, Institut Teknologi Sepuluh November.